Centre de Palethnologie Stratigraphique "ERURI"

DIALEKTIKÊ

CAHIERS DE TYPOLOGIE ANALYTIQUE

1973

Centre de Palethnologie
Stratigraphique «ERURI»
Maison d'Ossau
64260 ARUDY

L. Bourrelly
J. Delfaud
G. Laplace
J. Lesage
G. Thomas

Publié avec le concours de l'Université de PAU
- Institut Universitaire de Recherche Scientifique -

Sommaire

BOURRELLY L. - Automatisation de l'étude des sites. Une méthode. . . . . p. 1

DELFAUD J. - Quelques réflexions sur les rapports entre la Typologie Analytique et l'Informatique. . . " 8

DELFAUD J. - Analyse séquentielle et structure du devenir. " 13

LAPLACE G. - Le cyclothème ombrothermique. . . . . " 21

LESAGE J. - Programme d'analyse discriminante multivariée d'un matériel lithique. . . . . " 32

LESAGE J. - Orientation des outils de pierre. . . . . " 38

THOMAS G. - Premiers éléments pour servir à l'analyse typologique des galets aménagés. . . . . " 43

Bibliographie de Typologie Analytique (Méthodologie : G.Laplace). . . . . " 52

Responsable :
Delia Brusadin-Laplace
"Le Saule" - Rue des Tisserands
64800 COARRAZE

Il nous est apparu nécessaire de faire précéder l'intitulé "CAHIERS DE TYPOLOGIE ANALYTIQUE" du titre "DIALEKTIKE" afin d'en spécifier le caractère original, c'est-à-dire l'illustration et la defense d'une méthode de recherche.

Si la typologie analytique se présente comme la négation et le dépassement de la typologie empirique par l'application de la méthode dialectique à un domaine défini de la recherche palethnologique, il est juste et bon de rendre compte de travaux similaires qui, poursuivis dans des disciplines connexes, constituent autant d'illustrations de la méthode.

Le nombre des travaux effectués selon les principes de la typologie analytique croît très rapidement. Aussi est-il instamment demandé à tous les chercheurs concernés de bien vouloir nous adresser leur bibliographie détaillée ainsi que leur adresse qui seront publiés dans les prochains Cahiers afin de faciliter les relations et échanges directs.

Nous signalons enfin la parution de ARCHIVIO DI TIPOLOGIA ANALITICA sur l'initiative et par les soins de notre ami Paolo Gambassini. Cette publication périodique est ouverte à tous ceux qui peuvent rencontrer des difficultés typographiques ou autres à faire connaître les données intégrales de leurs analyses typologiques. On s'adressera à : Dott. Paolo Gambassini - Istituto di Antropologia e Paleontologia Umana - Università di Siena - Via delle Cerchia, 5 - 53100 SIENA.

AUTOMATISATION DE L'ETUDE DES SITES - UNE METHODE

Louis Bourrelly
Ingénieur au C.N.R.S. (URADCA)

L'introduction, dans l'étude des sites préhistoriques, d'un automate conçu pour mécaniser un certain nombre d'opérations de type calculatoire (au sens large du terme : calculs arithmétiques ou statistiques mais aussi calculs logiques, tris, tracés automatiques de plans, etc.) implique une objectivation aussi complète que possible du raisonnement archéologique dans son ensemble. Ce raisonnement est basé, ici, sur la description des objets de la fouille (outils, ossements, pierres, sédiments...) dans le contexte de leur découverte (coordonnées, stratigraphie, orientation...), il sera donc essentiel de formaliser et d'expliciter clairement le langage de représentation ainsi que les hypothèses qui sont à l'origine de ces descriptions. Il est évident que ces hypothèses, en privilégiant telles ou telles propriétés par rapport à toutes les autres (que décrire pour vérifier ces hypothèses?) vont conditionner fortement le raisonnement lui-même. Mais répondre à cette question n'est pas suffisant, il faudra aussi s'interroger sur la façon dont on va réaliser ces descriptions (comment décrire ?) et seule la cohérence de cette représentation confèrera au raisonnement une nature scientifique. Ce travail de rationalisation, s'il est nécessaire au "bon fonctionnement" de l'automate, n'en fait pas intégralement partie. Les codes descriptifs ainsi créés se situent en amont de la chaîne de traitement, ils sont le domaine réservé du spécialiste qui exprime là ses propres réflexions sur le domaine étudié. Bien qu'il ne soit pas de notre propos de parler ici des codes analytiques, signalons quand même qu'ils sont des ensembles de propriétés (descripteurs, attributs...) précisées par des définitions claires et munis de règles opératoires de description (orientation de l'objet, segmentation, seuils de différentiation...). La description d'un "objet" donné peut se faire de multiples façons et plusieurs codes peuvent (et doivent ?) être imaginés, chacun d'eux fournissant ses résultats (l'absence de résultat dans l'optique envisagée pouvant être considérée comme un résultat intéressant si la démarche utilisée est suffisamment formalisée). La visée de ces codes n'est donc pas une représentation unique et définitive du "continuum descriptif" que constituent les objets à décrire, mais plutôt la représentation, au travers d'un langage cohérent, de certaines hypothèses de base. Toute démarche ultérieure (rai-

sonnement et interprétation) ne pourra être validée qu'à l'intérieur de ces règles de représentation. Inversement il faut souligner que tout résultat obtenu à l'issue d'un "calcul" n'est pas forcément pertinent, parce que formalisé, par rapport au domaine d'application. Là encore l'intervention critique du spécialiste sera nécessaire et c'est lui et lui seul qui pourra juger de l'édéquation des conclusions obtenues.

Nous venons ainsi d'examiner le contexte dans lequel se situait l'automate (Fig. 1) et de montrer que cette "boite noire" n'était en fait, dans la chaîne du raisonnement qu'un outil, sans doute commode et générateur de savoir, mais dénué d'exprit d'initiative et dont l'efficacité ne peut qu'être liée à celui ou à ceux qui le manipulent.

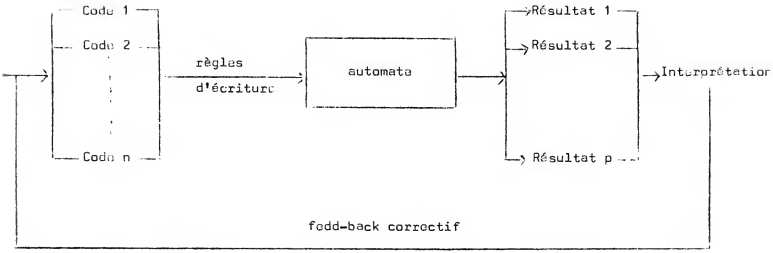
I - Description de l'automate (Fig. 2)

L'automate est donc un outil destiné à traiter d'importantes quantités d'objets (ou plus exactement les informations retenues pour leur description) au moyen d'un calculateur digital. Il se présente sous la forme d'un programme, c'est à dire d'une suite d'instructions données à la machine pour exécuter et résoudre les demandes des utilisateurs. Pour une approche très macroscopique nous pouvons distinguer, dans ce programme, trois parties essentielles : un langage de représentation des données, un lexique (ou thesaurus) et un langage d'interrogation.

I - 1. Le langage de représentation des données

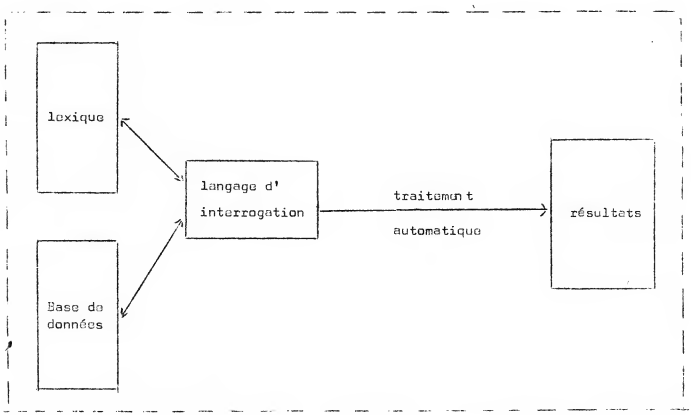
C'est un langage formel qui constitue une structure d'accueil autorisant la représentation des codes analytiques. Il est suffisamment général pour ne pas être remis en cause à chacune des modifications apportée aux descriptions des documents, ni à chaque test d'une hypothèse différente, ni même à chaque champ d'application. Cette généralité trouve sa justification dans des raisons économiques (l'investissement financier et intellectuel étant le plus souvent assez considérable) mais aussi dans des raisons d'ordre méthodologique (puissance du langage pour autoriser au maximum les finesses d'une analyse). Enfin, en respectant au mieux les contraintes imposées par les calculateurs digitaux (représentation interne de l'information, organisation des fichiers pour minimiser les temps d'acces,...) la structure du langage doit assurer une complète mobilité de la base de données : rajout ou retrait d'informations (apport de nouveaux objets, intégration de nouvelles propriétés...).

Ce langage est articulé sur un découpage en catégories d'informations qui sont autant d'aspects différents de l'objet retenus pour l'analyse (coordonnées, stratigraphie, technique de taille, retouche, dimensions,..). Chacune de ces catégories introduit un nombre quelconque de propriétés qui caractérisent l'objet étudié (longueur, épaisseur, abscisse, retouche directe, troncature,...). Ces descripteurs eux-même peuvent être mis en relation (opposition, adjacence, localisation,...) ou précisés (tendances, poli, couleur,...). Tous ces divers éléments de l'analyse sont représentés



- Fig. 1 -

Chaîne de traitement des informations



- Fig. 2 -

L'automate

suivant les règles strictes de la syntaxe du langage qui assure la cohérence du contenu informationnel par rapport aux algorithmes de traitement.

Il va de soi qu'un tel langage va réagir sur la structure de l'analyse (c'est à dire les codes analytiques qu'il va représenter) et imposer ses solutions formelles aux problèmes posés par les descriptions. Le détail des solutions retenues ne peut, en effet, qu'être différent suivant que le code est utilisé au moyen d'un calculateur, d'un appareil de tri à aiguilles, d'un ensemble à sélection visuelle ou bien encore par simple lecture sur un support imprimé.

I - 2. Le lexique

C'est d'abord l'ensemble des termes descriptifs utilisés pour la représentation des objets. Cette exhaustivité a pour but l'homogénéité des descriptions dans le temps (d'une série d'analyses à une autre) aussi bien que dans l'espace (travail simultané de plusieurs personnes). Cet ensemble est généralement structuré de la même façon que le découpage analytique et reflète donc les mêmes catégories d'informations.

Pour certaines applications, quelques unes de ces catégories introduisent des caractéristiques qui présentent entre elles des relations statiques ou "a priori" (relations paradigmatiques) qu'il peut être commode d'interpréter et qu'il est donc nécessaire de porter à la connaissance de l'automate. Ces relations sont le plus souvent de nature hiérarchique (inclusion, appartenance, filiation, etc...), le lexique va prendre alors une forme arborescente et l'automate interprétera cette structure lors de son fonctionnement. Pour illustrer ce type de relations citons la classification animale (mammifères - carnivores - canidés...), la structure du corps humain (bras - avant bras - coude - poignet...), ou la structure administrative d'un pays (région - département - commune). Ce sont ces informations qui permettront à l'automate de savoir, par exemple, lors d'une interrogation sur les os de carnivores que ceux appartenant à des chiens sont pertinents.

Signalons enfin parmi les autres fonctions du lexique la réduction des synonymies, la vérification de la cohérence du vocabulaire (interdiction des doubles définitions de descripteurs) et la codification automatique des termes issus du langage naturel en vue de leur représentation en machine.

I - 3. Le langage d'interrogation

Maintenant que l'automate est muni, d'une part d'une base de données constituées des analyses d'objets et d'autre part d'un lexique, il faut pouvoir l'utiliser pour isoler à l'intérieur de cette masse d'informations des sous ensembles d'objets répondant à certaines combinaisons de caractéristiques, c'est le but du langage d'interrogation. Cette "recherche rétrospective d'informations" (information retrieval en américain) ne pourra porter que sur le contenu des analyses mais la puissance et la rapidité de

l'automate autorisent une combinatoire dont la richesse ne pourrait pas être obtenue par des seuls tris manuels.

La combinaison des termes descriptifs s'exprime grâce à des opérateurs logiques (booléens) dont les plus courants sont le ET (présence simultanée de deux termes), le OU (présence de l'un ou de l'autre ou des deux à la fois) et le NON (absence obligatoire du terme cité). Les expressions logiques ainsi écrites peuvent avoir plusieurs niveaux de parenthèses (cf. les expressions algébriques) exprimant ainsi les moindres détails d'une question élaborée. Enfin, il est possible d'utiliser les opérateurs arithmétiques (= , < , ≤ , > , ≥) pour manipuler, dans ces expressions, les variables numériques telles que "longueur", "épaisseur", ou "coordonnées".

Exemple fictif d'écriture d'une telle expression :
"outil à retouche marginale (M) directe (D) ou inverse (I) sur le bord latéral droit (LD) dont la longueur (L) est supérieure à 40 mm".
En supposant que les termes soulignés constituent des entité au niveau de la description, on obtiendrait la représentation suivante :

$$(((M.ET.(D.OU.I)).ET.LD).ET.L>40)$$

ce qui est une expression très simple à un seul niveau de parenthèses (pour l'opérateur OU, les autres ne servent ici qu'à bien marquer les différentes phases séquentielles des opérations). Il est certain que cette technique de représentation autorise une richesse telle que ces expressions sont le plus souvent difficilement formulables dans le cadre d'une langue parlée (au moins de façon simple et directe).

Ce langage d'interrogation permet en outre de définir les sorties du système : type de produit attendu en réponse support de sortie (imprimante, disque, bande...), format d'impression ou d'édition des références. Sa forme et la simplicité de son utilisation doivent permettre l'établissement d'un véritable dialogue entre l'utilisateur et l'automate.

II - Les produits de sortie (quelques résultats)

L'automate qui vient d'être décrit ici est un système de recherche documentaire dont la fonction directe est de trier au sens où nous venons de le définir, ses produits directs seront donc le reflet de ces tris :

- comptage des objets répondant à une question donnée
- extraction et édition des références de ces objets
- fabrication d'index
- extraction de valeurs numériques (coordonnées, dimensions) ou descriptives (propriété)
- fabrication de grilles à usage de calculs (classification)

Sur ces produits immédiats il sera possible d'articuler une bibliothèque d'autres programmes, lesquels auront pour fonction de fournir, à la demande d'autres formes de résultats plus élaborés dans leur forme ou ayant fait l'objet de divers calculs :

- tracés de plans montrant la répartition des objets sur un sol d'habitat (à partir de l'extraction des coordonnées)
- tracés de graphiques cumulatifs
- impressions de tables de pourcentages
- calculs d'indices
- classification automatique
- étude d'une répartition statistique

Cette liste d'exemples est donnée à titre indicatif et ne prétend pas épuiser le sujet, il sera toujours possible d'imaginer d'autres sorties en fonction des besoins de telle ou telle étude (voir la liste des références illustrant quelques uns de ces types de travaux).

III - Conclusion

L'utilisation d'un tel automate conduit à une redéfinition claire des objectifs visés et des moyens à mettre en oeuvre pour mener à bien l'étude envisagée, en ce sens nous pensons que son influence sur les méthodes même de la recherche n'est pas négligeable. Le développement récent des banques de données en archéologie montre, si besoin était, l'intérêt que suscite désormais ce type d'approche dont l'ambition première est de libérer le spécialiste des travaux longs et fastidieux que sont les compilations sans cesse répétées. Enfin la masse croissante des informations disponibles et l'impossibilité devant laquelle on se trouve de les exploiter correctement sont autant de facteurs qui conduisent à des solutions du type de celle qui vient d'être décrite ici.

Bibliographie sommaire

BINFORD Sally R. et BINFORD Lewis R., 1966 - A Preliminary Analysis of functional Variability in the Mousterian of Levallois Facies. In "Recent Studies in Paleoanthropology; eds J.D.CLARK et F.C.HOWELL, "American Anthropologist" 68, 2, Part 2, 238-295.

BORILLO M., 1971 - Formal procedures and the use of computers in Archaeology. "Norwegian Archaeological Review", 4, 1, 2-27.

BOURRELLY L., 1973 - The automatic processing of the results of an excavation at a prehistoric site - examination areas. In "The explanation of culture change - Models in Prehistory". Ed. COLIN R. - 109, 114. Editions Gerald Duckworth and Co - Gloucester.

COWGILL G., 1968 - Computer Analysis of archaeological data from Teotihuacan, Mexico. In "New perspectives in archaeology" eds S.R. et L. R. BINFORD (q.v.), 143-150.

FERNANDEZ DE LA VEGA W., 1968 - Analyse quantitative du mobilier funéraire de la fouille de Sala Consilina. In "Calcul et formalisation dans les sciences de l'homme". Ed. B.JAULIN, 121-129. Editions du C.N.R.S., Paris.

GARDIN J.C. et BORILLO M., eds., 1970 - Archéologie et calculateurs - Problèmes sémiologiques et mathématiques. Editions du CNRS, Paris.

HODSON F.R., 1970 - Cluster Analysis and Archaeology : Some new developments and applications. World Archaeology, 1, 3, 299-320. Londres.

LAGRANGE M.S., 1973 - Analyse sémiologique et Histoire de l'art. Edit. KLINCKSIECK, Paris.

LANDAU J., 1971 - Les représentations anthropomorphes mégalithiques de la région méditerranéenne (IV° au Ier millénaire). Paris.

WHALLON Jr R., 1973 - Spatial analysis of palaeolothic occupation areas. The present problem and the "functional argument". In "The explanation of culture change - Models in Prehistory", ed. COLIN R., 115-130. Editions Gerald Duckworth and Co. Gloucester.

QUELQUES REFLEXIONS SUR LES RAPPORTS ENTRE LA TYPOLOGIE ANALYTIQUE ET L'INFORMATIQUE

Jean Delfaud
Docteur ès Sciences - Professeur à l'Université d'Oran

Un des thèmes du Séminaire d'Arudy 1973 était la recherche de méthodes permettant d'introduire l'informatique en Typologie Préhistorique. En effet, devant la masse sans cesse croissante de matériaux recueillis au cours de fouilles, l'analyse et l'exploitation "manuelle" par un chercheur seul deviennent impossibles et l'on doit rechercher l'appui des calculatrices. Pour l'informaticien, qui est un "technicien", le préalable est une clarification et une rationalisation des concepts typologiques que le préhistorien utilise. Beaucoup de méthodes empiriques, approximatives, doivent alors être dépassées car elles ne présentent pas une rigueur suffisante pour servir de base à l'analyse objective. Et la Typologie Analytique devient précieuse car elle est effectivement rigoureuse, systématique et... analytique.

Toutefois, afin d'éviter quelques confusions et quelques déboires, il n'est pas inutile de préciser les conditions de passage de l'Analytique à l'Informatique, ce qui implique, au préalable, quelques rappels sur l'esprit de la Typologie Analytique.

I. RAPPELS SUR LA TYPOLOGIE ANALYTIQUE

Historiquement, la Typologie Analytique fut élaborée par Georges Laplace durant les années 50 quand, après une étude du Mésolithique pyrénéen, il analysa les industries à lamelles du Maghreb. Il constata alors la vanité des listes par étage industriel (l'Arudien n'existant pas....en Algérie) et la permanence de certains types d'outils, dans des complexes d'âges variés (pointes "aziliennes" dans le Capsien). Peu à peu, il dégagea le système suivant :

1. Un sistème analytique et structural :

Le point de départ est l'analyse des outils par eux mêmes, indépendamment de toute référence à un âge donné. On établit une typologie la plus générale possible, qui permette d'étudier d'une façon objective tous les

outillages et de les comparer. Cette démarche est analytique, mais aussi structurale car elle cherche, comme dans toutes les sciences de la nature, à hiérarchiser les caractères, ce qui ne se conçoit que dans une organisation arborescente. Celle-ci se retrouve également dans la description des industries où l'on distingue plusieurs niveaux d'organisation (mode, groupe, etc..). Au niveau des ensembles d'outils et des complexes industriels, la notion d'évolution est introduite sous forme d'un gradient de modification des équilibres internes. Cette notion rend compte du devenir.

2. Un système ouvert et dialectique :

Après l'analyse, les caractères sont regroupés dans une typologie. Celle-ci constitue alors une grille qui est confrontée avec le réel. Cette typologie ne représente qu'une première approximation, et sa pratique en montre les limites. Il devient nécessaire de la modifier, de l'enrichir. Ainsi, Georges Laplace a-t-il élaboré, en 30 ans de pratique, une douzaine de listes typologiques, dans une suite de mouvements dialectiques entre le concret et le théorique. Ce système est donc ouvert, c'est à dire qu'il s'enrichit des différences en dépassant les contraddictions rencontrées par le choc avec le réel (praxis). C'est le caractère d'un système vivant.

3. Le point de départ : l'étude technologique des outils :

La description des outils n'est ni fondée sur l'utilisation éventuelle (subjective) ni sur la simple morphologie (pseudo-descriptive). G.Laplace a retenu l'analyse technologique en basant la classification sur les caractères morphotechniques, ce qui permet de hiérarchiser les caractères en les plaçant dans l'ordre réel de leur manifestation (débitage, délinéation, etc..).

4. L'étude structurale des industries :

Il convient ensuite de raisonner à l'échelle d'une industrie, c'est à dire de l'ensemble des pièces recueillies dans un même horizon archéologique (et ayant donc un âge sensiblement identique). l'étude structurale dépasse la simple collection des outils et leur classement numéro par numéro. Elle ordonne ces pièces en les regroupant dans des ensembles et sous-ensembles, appartenant à des niveaux d'échelles différentes (ordre-groupe-classe). De plus, il est possible de définir le type de structure qui peut-être : hétérogène (ou "polymorphe"), homogène ("équilibré") ou monotypique ("ultra-spécialisé" ou "appauvri"). Ces notions furent dégagées par G.Laplace vers 1956, à partir de l'étude du Capsien et de l'Ibéro-Maurusien.

5. Etude du devenir des complexes industriels :

Le stade suivant est l'analyse du devenir des industries, se succédant dans un complexe industriel (exemple : le Périgordien). G.Laplace décrit ainsi des évolutions, caractérisées par la spécialisation sur un outil ou une technique (le foliaçage, le microlithisme etc.) ou par l'apparition de pièces polymorphes et "frustes" : le substrat, le type le plus parfait d'ou-

tillage complexe et riche en potentialités étant les pebble-cultures. Notons que le vocabulaire séquentiel, emprunté à la Géologie, permet également de décrire des structures en évolution, tout en introduisant la notion fondamentale de discontinuité (ou mutation).

Dès 1957, G.Laplace découvre le modèle d'explication de ces évolutions : la Cosmolyse. Cette théorie est née des recherches biologiques (N. VAVILOV) ou éthnologiques (A.C. BLANC) et elle explique l'évolution non par la sommation d'acquisitions mais par une ségrégation de caractères (= lyse) à partir d'un stock polymorphe initial (le Synthétotype). Il applique ces notions aux industries préhistoriques en distinguant les stades suivants : stade polymorphisme de base (= synthétotype: par exemple, aurignaco-périgordien), phase médiane d'équilibre, stade final de dégénérescence avec perte de caractères, spécialisation technologique, ce qui prélude à une crise.

En résumé, la Typologie Analytique est une méthode rationnelle, analytique qui décrit et hiérarchise des caractères, des structures, et rend compte de leur devenir, mais ce n'est pas une méthode neutre qui se bornerait à collationner des faits car elle les ordonne et les confronte à un schéma explicatif.

II. INTRODUCTION DE L'INFORMATIQUE

Le rappel précédent montre que la Typologie Analytique présente bien des traits favorisant le passage à l'Informatique : logique, cohérence, hiérarchisation des caractères, mais quelques précisions s'imposent.

1. Le langage est-il neutre?

Les informaticiens cherchent un langage analytique et exhaustif dont on puisse combiner les éléments en phrases "neutres", qui ne rendent compte que de toutes les possibilités de combinaisons. Cette démarche est rationnelle et objective mais elle risque d'alourdir les raisonnements en considérant trop de paramètres (couleur, défaut de taille, etc..). La Typologie Analytique a certes le même souci de rigueur et d'objectivité mais elle n'est pas abstraite. Elle considère des objets réels et elle permet d'alléger le nombre des données en fournissant un fil directeur naturel : la technologie.

2. Hiérarchie des caractères. Stade d'organisation :

Toujours dans la même voie, la Typologie Analytique simplifie les données de base en présentant à l'informaticien une hiérarchie des caractères: ainsi la nature de la roche conditionne-t-elle les caractéristiques du débit, mais le type de retouche est indépendant de la couleur. En proposant des stades d'organisation (retouche, outil, industrie, complexe), elle situe le niveau d'investigation et reconstitue la structure naturelle des outillages étudiés.

3. La statistique et l'introduction du calcul :

Les premiers essais de mathématisation furent le calcul statistique. Certes, l'établissement de pourcentages est un acquis plus précieux que la notion de fossile directeur mais son utilisation s'épuise vite. Soulignons tout d'abord l'impossibilité de faire de véritables calculs sur les industries, car les "courbes" ne sont que des figures approximatives, fondamentalement discontinues (comme la liste typologique qui constitue l'une des coordonnées).

Restent essentiellement les études morphométriques. Elles sont utiles pour définir les dimensions d'un outillage, pour codifier certains caractères (limite de l'abrupt, de la troncature etc..) mais elles ne rendent pas compte des véritables structures. Il s'agit là de méthodes très pragmatiques et, somme toute, assez artificielles, c'est à dire extérieures à l'objet, et elles peuvent aboutir à des confusions, en faisant des moyennes à partir de populations hétérogènes ou en considérant des paramètres qui sont déjà liés entre eux.

4. L'analyse des facteurs :

Plus intéressantes sont les méthodes d'analyse factorielle qui étudient les combinaisons d'éléments montrant leur groupement en facteurs, puis retrouvant le poids de chaque facteur dans une suite de cas concrets. Dans un premier temps, on doit pouvoir ainsi traiter par calculatrice la définition des outils et l'établissement de liste typologiques, à condition, bien sûr, de respecter la hiérarchie des caractères. Dans un second temps, on doit pouvoir également étudier le poids de chaque facteur (par exemple les groupes ou les classes typologiques) dans une séquence d'industries (c'est à dire dans un complexe industriel) et il sera ainsi possible d'objectiver la définition des industries et de leurs stades (Périgordien I, II, III, etc..).

5. L'Analyse structurale :

La morphologie mathématique, et ses prolongements en informatique, sont les outils les plus appropriés pour analyser avec précision les structures mises en évidence par la Typologie Analytique. Ainsi doit être définie, en priorité, la notion de discontinuité, qui seule permet d'isoler des ensembles naturels (rappelons toutefois que ces discontinuités sont fonction d'un niveau d'organisation donné). Ensuite, à l'intérieur des ensembles, on doit explorer la structure en montrant à la fois son type d'organisation et ses grandients d'évolution.

A notre avis, il n'est pas inutile, à un certain moment, d'introduire des modèles élaborés par la Typologie Analytique pour guider l'interprétation. Certes, il s'agit là d'une méthode qui n'est plus objective. Mais l'expérience montre que de telles introductions de modèles explicatifs sont fécondes, même s'il ne s'agit que d'une technique pragmatique d'exploration.

En résumé : en respectant la cohérence interne et la logique de la typologie Analytique, le passage à l'Informatique est très possible et doit être riche de développements. Ils permettront d'objectiver les résultats

déjà obtenus et de traiter une grande quantité de données, c'est à dire d'être exhaustif tout en gardant rigueur et précision.

Conclusions

Le passage à l'Informatique nécessite un effort de rigueur accru de la part du typologiste qui doit affiner, clarifier et objectiver ses concepts, et il implique également une cohérence dans la hiérarchisation des caractères, sous peine de redondance ou de confusion.

En retour, la Typologie Analytique apporte à l'informaticien un plan de travail, une hiérarchie des caractères, une structuration et elle montre les niveaux d'organisation des ensembles d'outils analysés.

Toutefois, la théorie de la Typologie Analytique est plus riche que cela. Elle fournit un schéma explicatif des évolutions internes, la Cosmolyse, schéma qui est confirmé au fur et à mesure que les études progressent. Il serait vain de faire fi de cet acquis et, en raison d'une fausse humilité ou d'une inquiétude sourde sur la fécondité ultérieure du système, de tout expliquer. Telle qu'elle est, la théorie possède un solide acquis et ses développements sont encore plus riches de promesses, qu'il s'agisse de l'étude des rapports industrie-milieu ou de l'analyse de l'évolution des styles artistiques. Souhaitons que l'Informatique lui apporte plus de force et de vigueur.

ANALYSE SEQUENTIELLE ET STRUCTURE DU DEVENIR

Jean Delfaud

La Typologie Analytique, créée par G.Laplace, a mis en lumière les exigence d'une étude structurale et la nécessité de posséder des méthodes rigoureuses d'analyse et d'explication. Ces préoccupations théoriques sont communes à toutes les sciences de la nature qui étudient des corps, aussi nous a-t-il paru intéressant d'apporter quelques réflexions nées d'une pratique structurologique en géologie sédimentaire.

En effet, l'Analyse Séquentielle constitue une technique d'étude des organisations (structure) mais elle permet également de saisir le devenir, c'est à dire les évolutions, et à ce titre il nous semble qu'elle peut enrichir les recherches analytiques. Née du concret, un bref rappel du support géologique sera nécessaire avant de donner un premier exposé de la méthode, puis nous tâcherons de l'appliquer à la Géologie du Quaternaire et à la Préhistoire. De cet élargissement se dégagera un modèle plus théorique qui doit permettre de traiter des problèmes variés, et nous codifierons ce système en une symbolique.

I. LES SEQUENCES SEDIMENTAIRES

Les séries sédimentaires sont constituées de strates de nature variée, mais dans lesquelles on observe des répétitions de types pétrographiques. Pour analyser ces alternances A. Lombard a créé l'Analyse Séquentielle qui se ramène à la reconnaissance d'une unité : la séquence, puis au dessin de "courbes" figurant les répétitions de séquences. Pour cela on construit le graphique suivant (Fig. A,2), comprenant en abscisse une liste de faciès : la série virtuelle, et en ordonnée la colonne lithologique. Un trait vertical est placé dans la colonne correspondant à la nature de chaque strate, ce qui permet alors de visualiser les évolutions, ou séquences.

Note : Cet article résume l'exposé présenté au Séminaire d'Arudy 1973. Il est très simplifié car certains points (ayant trait à l'aspect proprement géologique) sont déjà publiés. Ils ne seront qu'évoqués ici.

II. THEORIE DE L'ANALYSE SEQUENTIELLE EN GEOLOGIE

Nous avons systématisé cette démarche qui constitue une analyse structurale dont les bases sont les suivantes :

- c'est une étude objective, sans présupposé théorique ou génétique;
- c'est une étude structurale qui s'intéresse à la position des éléments, leur signification étant due à leur place dans une suite : la sequence;
- c'est une méthode qui permet de considérer le paramètre temps car, en Géologie, l'épaisseur des couches, portée sur l'axe vertical, exprime des durées, selon un coefficient de proportionalité très irrégulier et mal défini.

Les étapes de l'analyse sont les suivantes :

A. Etude des constituants. On analyse les constituants (grains, minéraux, ciments, etc.) et on mesure certains de leurs paramètres (%, taille, etc.), puis on trace des courbes, en fonction du temps, qui expriment les variations de ces paramètres (Fig. A,1).

B. Définition des associations. Pour cela on étudie les courbes précédantes, on établit les groupes des paramètres variant de la même façon, et on définit ces associations (ou facteurs). Cette démarche peut être traitée par ordinateur : c'est l'analyse factorielle.

C. Définition de la série naturelle. Il s'agit d'ordonner les facteurs ainsi distingués pour constituer la série naturelle. On les place dans leur ordre naturel de succession; pour cela on peut procéder par tâtonnement mais des techniques d'informatique permettent d'arriver rapidement à la solution correcte.

D. Définition des séquences. On trace la courbe séquentielle mais en la décrochant au droit des discontinuités sédimentaires naturelles. Ces dernières permettent alors d'individualiser des tranches continues : les séquences (Fig. A,2).

E. Distinction de séquences d'échelles variées. On constate ensuite qu'il existe des répétitions de séries d'échelles de plus en plus grandes qui englobent des séquences mineures. Ce sont des séquences d'ordre supérieur (2°, 3°, etc.) qui traduisent des évolutions de plus en plus amples, correspondant à des phénomènes de plus en plus généraux.

En résumé, l'Analyse Séquentielle est une méthode d'analyse structurale qui rend compte du devenir, en distinguant des unités continues, séparées par des discontinuités (ou phases de crises). Ainsi ces évolutions sont ordonnées selon des schémas scalaires, hiérarchisés en niveaux d'organisation.

III. APPLICATION AU QUATERNAIRE ET A LA PREHISTOIRE

L'introduction de l'Analyse Séquentielle dans l'étude des cyclothèmes quaternaires est chose aisée car il s'agit là aussi d'évolutions géologiques, mais on peut également l'appliquer aux problèmes de typologie archéologique, qu'il s'agisse d'outils ou de représentations artistiques.

A. Géologie du Quaternaire.

Implicitement, la Géologie du Quaternaire est basée sur un raisonnement de type séquentiel, mais nous allons montrer qu'en plus d'une précision accrue dans l'analyse, le raisonnement séquentiel permet de préciser les schémas explicatifs.

1. L'Analyse. La démarche est la même que celle exposée dans le paragraphe précédent : on étudie les constituants d'une formation, puis on les regroupe en facteurs dont on étudie ensuite l'évolution : c'est la courbe séquentielle du remplissage ou du profil.

2. Exploitation. Deux possibilités s'ouvrent alors :

a) hiérarchisation des évolutions : on peut, d'une façon précise, expliciter les notions de phase, de stade, de pulsation;
b) corrélations : la comparaison de courbes séquentielles permet de paralléliser des horizons. C'est la base de la méthode lithostratigraphique, mais en Géologie du Quaternaire, toute la chronologie est basée sur les pulsations glaciaires, ce qui est le type même du raisonnement séquentiel.

3. Explications. Après avoir analysé d'une façon objective les séquences lithologiques, on doit rechercher les phénomènes qui les ont engendrées. Ce sont les fameux "cycles" climato-sédimentaires, phénomènes toujours dissymétriques mais répétitifs, enregistrés plus ou moins parfaitement par la sédimentation. Citons, par exemple (Fig. A, 3-4) :

a) Le "cycle" aride-pluvial comprenant :
   - une phase de biostasie pluviale (formation des sols rouges, creusement des vallées);
   - une phase aride chaude avec érosion aréolaire (formation de glacis et nappes alluviales).

b) Le "cycle" glaciaire-interglaciaire :
   - une phase glaciaire, rhéxistasique, avec érosion aréolaire et accumulation des débris sur des glacis;
   - une phase interglaciaire, biostasique, caractérisée par une pédogénèse sous forêt et une érosion linéaire le long des fleuves.

Soulignons que ces évolutions, dissymétriques, sont scandées par des phases de rupture d'équilibre : les discontinuités. De telles périodes de crise sont les plus importantes au point de vue de l'ampleur des processus érosifs et accumulatifs.

B. Archéologie préhistorique.

Les séquences archéologiques ont une dynamique propre, mais elles reflettent aussi le résultat d'une dynamique avec le milieu, et les figures de leur évolutions sont comparables.

1. Industries.

On peut envisager une analyse de type séquentiel des industries préhistoriques :

- les éléments sont les outils
- les associations, les types d'industrie

et on reconstitue ainsi des séquences industrielles (ou complexes industriels) caractérisées par des évolutions continues séparées par des discontinuités : les mutations.

Il est possible ensuite, après avoir établi une série naturelle typologique, indépendante des considérations chronologiques, de comparer les évolutions de complexes industriels d'âges différents. C'est une façon de objectiver les lois qui caractérisent la dynamique interne des industries, comme la Cosmolyse, mise en lumiere par G. Laplace. En prenant par exemple pour série naturelle le degré de variété typologique d'une industrie, on figure les stades d'une évolution par appauvrissement constituant une représentation graphique de la Cosmolyse.

2. Art préhistorique.

Nous avons tenté une démarche analogue à propos de l'art préhistorique :

- les éléments sont représentés par les figurations
- les associations par les styles

et on reconstitue des séquences dont un modèle a été établi à propos des gravures du Sud-Oranais. On constate alors que là aussi l'évolution est jalonnée par des stades qui se répètent : polymorphisme de base, équilibre classique médian, dégénèrescence finale.

Nous donnerons ici, à titre d'exemple supplémentaire une analyse sommaire des peintures du Tassili des Aijer. A grande échelle, l'évolution est la suivante :

- style ancien, des "têtes rondes" : phase du polymorphisme de base;
- style moyen, des Bovidés : phase équilibrée naturaliste;
- styles finaux, du cheval et du chameau : phase semi-schématique et schématique appauvrie;

mais à l'intérieur de chaque style on observe également une évolution qui corresponde à des séquences mineures (Fig. B,1) :

- Dans le "cycle" des têtes rondes, la phase ancienne (= des "Grands Dieux") est très polymorphe, puis vient un classicisme (les figures monochromes ou bichromes) et le baroque final est représenté par les personnages masqués à ponctuations.

- Dans le "cycle" des Pasteurs bovidiens, les premiers animaux (vaches "carrées" de Ouan Bender) sont assez polymorphes; la phase moyenne, équilibrée, correspond au canon des vaches et des pasteurs, tandis que le stade final est celui du style "humoristique" qui ne conserve que le trait.

- Dans le "cycle" cheval-chameau, les figures les plus anciennes sont encore polymorphes, ayant des éléments naturalistes et schématiques (période des "hommes aux manteaux"), puis vient la codification semi-schématique (hommes bitriangulaires très dynamiques); enfin l'appauvrissement final est celui des représentations de chameaux totalement stylisées et dégénérées (style "Libico-berbère").

Ces répétitions ternaires de stades, communes à de nombreuses séquences artistiques, traduisent la dynamique interne de la création, peinant dans la recherche de base de départ, puis se reposant dans la répétition d'un canon, se lassant enfin en sophistiquant ou dégradant le type académique.

IV. SECONDE CODIFICATION DE L'ANALYSE SEQUENTIELLE

L'élargissement du champ d'application de l'analyse séquentielle fut bénéfique car la méthode a intégré la notion de degré de complexité des systèmes, celui-ci traduisant le couple enrichissement-appauvrissement.

A. Première approche.

La figuration d'un schéma de lyse est simple, elle est représentée par le graphe B-2, mais on pourrait également la matérialiser par une série d'ensembles et de sous ensembles, avec les diagrammes de Venn; dans tous les cas elle exprime une évolution lisible sur des blocs-indices (Fig. B-3). Toutefois, il serait également possible de représenter la lyse en faisant une analyse séquentielle qui a pour série naturelle le degré d'organisation.

B. Seconde approche.

Il s'agit de combiner la lyse et le temps. Nous devons passer à un diagramme à 3 dimensions comprenant sur l'axe vertical le temps, sur l'un des axes horizontaux le degré d'organisation et sur l'autre axe les termes de la série naturelle. La courbe obtenue est une spirale, dont le diamètre de la spire varie (Fig. B-4).

On devrait également représenter les discontinuités, aspect fondamental de l'analyse séquentielle, mais ces quelques considérations permettent déjà d'entrevoir la richesse d'un système ouvert d'analyse des structures en devenir.

V. SYMBOLIQUE

A partir d'un certain degré de complexité il n'est plus possible de saisir immédiatement des architectures et des relations multiples. L'in-

formatique intervient alors, chiffre les données, puis les combine mais cela nécessite une codification du langage et une multiplication de symboles élémentaires. On peut également chercher des représentations de type géométrique qui illustrent les rapports structuraux entre les éléments. Cette symbolique, visuelle, permet de matérialiser des modes d'organisation en les ramenant à des plans simples. Nous pensons que l'on peut ainsi créer des systèmes de représentation des figures de l'evolution dont le catalogue aiderait le raisonnement.

CONCLUSIONS

L'analyse séquentielle est une méthode qui, sous une apparence de répétition désordonnée de phénomènes, retrouve des plans d'organisation et d'évolution. Elle permet alors de dépasser l'histoire, c'est à dire la simple collection des faits, et elle montre des types de succession qui traduisent l'existence de lois. Or, la découverte de lois, c'est le premier pas de la démarche scientifique qui conduit à la prévision et à l'explication.

Bibliografie sommaire

J. DELFAUD, 1972 - Application de l'analyse séquentielle à l'exploration lithostratigraphique d'un bassin sédimentaire. L'exemple du Jurassique et du Crétacé inférieur de l'Aquitaine. Mémoire du B.R.G.M., n. 77, pp. 593-611.

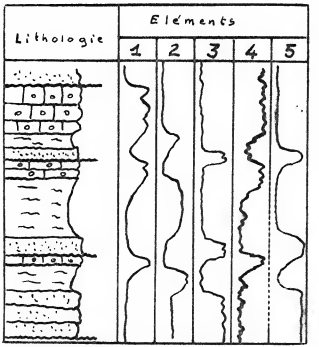
J. DELFAUD, 1972 - L'apport du raisonnement séquentiel à l'interprétation des séries carbonatées. 7° Congrès Sédimentologique international. Heidelberg.

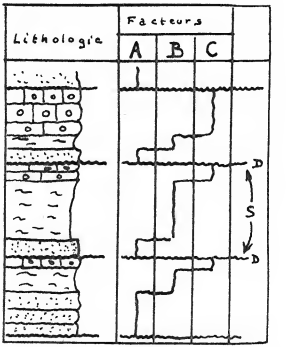
A. LOMBARD, 1956 - Géologie sédimentaire. Les séries marines. Masson édit.

A. LOMBARD, 1972 - Séries sédimentaires. Masson édit. Paris.

L'ANALYSE SEQUENTIELLE

Fig. A





① Définition des facteurs :

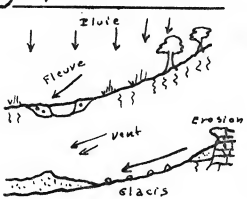
A = 3 + 5 B = 2 C = 1 + 4

② Courbe séquentielle :

S = séquence D = discontinuité

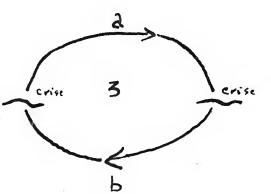
SEQUENCES CLIMATO-SEDIMENTAIRES

③ "Cycle" Pluvial - Aride :

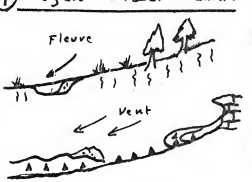


a/ Pluvial

b/ Aride



④ "Cycle" Glaciaire - Inter :



a/ Interglaciaire

b/ Glaciaire

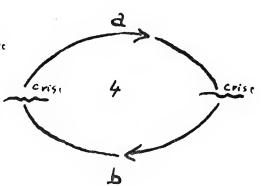
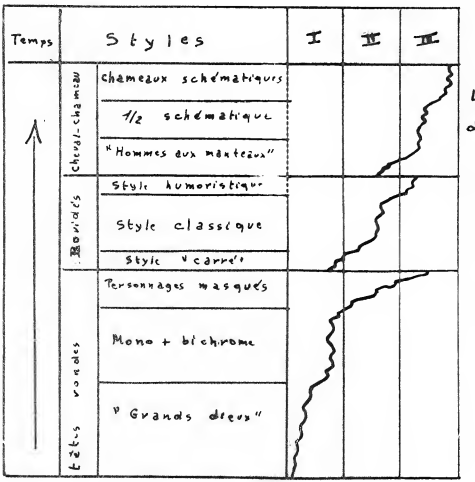


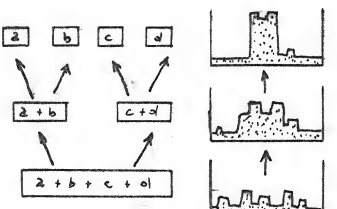
Fig. B

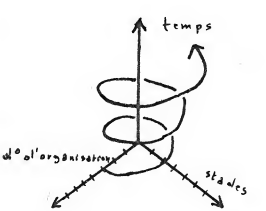
SEQUENCES ARTISTIQUES

① Exemple des peintures du TASSILI N'AJJER



FIGURES DE L'EVOLUTION





② La Lyse ③ Evolution d'industries ④ Schéma général d'évolution

LE CYCLOTHEME OMBROTHERMIQUE

Georges Laplace
Docteur ès Sciences - Maître de Recherche au C.N.R.S.

I. LA NOTION DE CYCLE CLIMATO-SEDIMENTAIRE

1. Historique :

notion exposée en 1938 par Franck BOURDIER (BOURDIER 1938), reprise en 1947 par le géographe Jean TRICART et devenue depuis d'usage courant, adaptée en 1954 par François BORDES (BORDES 1954) et en 1966 par Georges LAPLACE (LAPLACE 1966).

2. Le cycle climato-sédimentaire de Franck BOURDIER :

phase froide du cycle climato-sédimentaire :
-actions mécaniques dominantes de gélivation des roches, de mouvements du sol ou cryoturbation (fentes en coin, écoulement boueux, cryo-injections), de transport de poussières par le vent (loess, sables soufflés);

phase tempérée du cycle climato-sédimentaire :
- actions chimiques dominantes (altération pédologique) soit de dissolution (pourrissage des sols), soit de précipitations (concrétionnement et tuf), avec actions mécaniques secondaires d'érosion, de transport et d'accumulation (colluvions, tourbières).

3. Le cycle loessique de François BORDES :

phase froide et humide de formation du cailloutis de base;

phase froide et sèche de formation du loess stricto sensu;

phase chaude et humide d'altération pédologique ou lehmification.

Note : ce texte constitue le plan de l'exposé présenté au Quatrième Séminaire de Typologie Analytique (1972).

4. Le cyclothème pluvio-nivo-glaciaire de Georges LAPLACE :

essai d'application de la méthode dialectique à l'étude du cycle climato-sédimentaire, basé sur les observations circonstanciées de Henry de LUMLEY (LUMLEY 1960) relatives au remplissage de la Baume Bonne et sur l'étude de la stratigraphie de la Grotte Gatzarria (LAPLACE 1966);

les paramètres :
- humidité (paramètre fondamental) dégressive et dégradation progressive de la température (paramètre secondaire) :
  - action sur le tapis végétal et sur la faune,
  - actions érosive normale, cryergique et pédologique;

phases humides froides ou océaniques :
- phase très humide et fraîche de ravinement,
- phase humide et fraîche de colluvionement;

phases froides sèches ou continentales :
- phase assz humide froide de cryergie (cryoclase et cryoturbation),
- phase sèche très froide d'éolisation;

phase chaude sèche puis humide ou forestière :
- phase chaude sèche puis chaude humide d'altération.

II. LES NOTIONS D'AIRE OMBROTHERMIQUE ET DE PHYTOCINETIQUE

1. Historique :

notions exposées en 1960 par Pierre REY (REY 1960).

2. Aire ombrothermique :

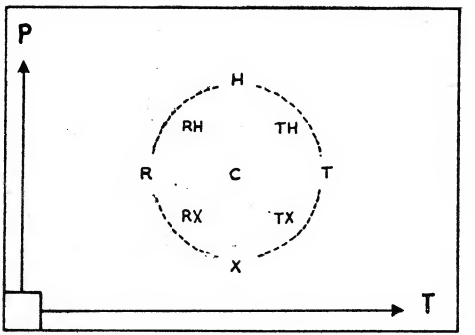
- enveloppe du diagramme de dispersion des valeurs, associées par couples, de la pluviométrie (ombros = pluie) et de la température (thermos = chaleur) moyenne annuelle, intéressant un milieu géographique ou une unité biologique.

3. La phytocinétique actuelle :

climax : terme d'équilibre final naturel d'une série dynamique;

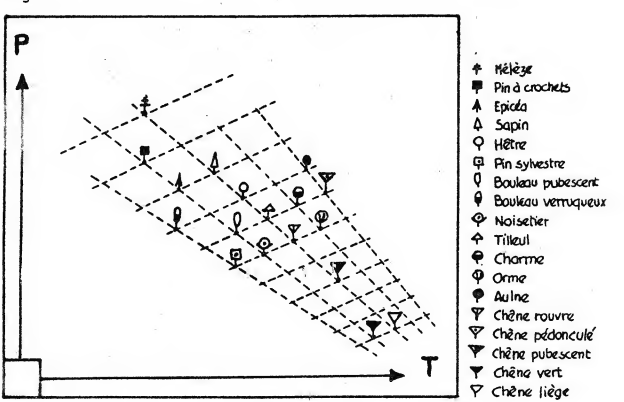
grille climacique (Fig. 1) : tableau de dispersion ombrothermique sur lequel sont figurés, sous forme de points répartis en quinconce, les centres d'aptitudes ombrothermiques d'un certain nombre de séries de végétation, c'est-à-dire relatifs aux conditions couplées de précipitations (axe ombrique P) et de température (axe thermique T) :
- séries : centrale (C), xérophile (X), hygrophile (H), rigophile (R), thermophile (T), rigo-xérophile (RX), rigo-hygrophile (RH), thermo-hygrophile (TH) et thermo-xérophile (TX).

Fig. 1



Grille climacique

Fig. 2



Grille de dispersion ombrothermique

D'après P. REY

4. La phytocinétique holocène :

données palynologiques et évolutions postglaciaires : toutes les séries tourbeuses suffisamment complètes montrent la même succession :

- phase froide et sèche, succédant aux phases tardiglaciaires,
- phase plus chaude et plus sèche,
- phase plus fraîche et plus humide,
- phase plus froide et moins humide;

interprétations ombrothermiques :

- grille de dispersion ombrothermique relative des séries diachroniques (Fig. 2) : permet, en reportant les étapes successives enregistrées par une tourbière, c'est-à-dire le lieu des points ombrothermiques les plus représentatifs de sa variation palynologique, d'obtenir une représentation graphique des variation diachroniques du climat;

- tracé-type du cheminement ombrothermique holocène selon les analyses polliniques (Fig. 3) : déduit des tracés morphologiquement très comparables rendant parfaitement compte de l'évolution phytocinétique des diverses régions :

- du Préboréal au début de l'Atlantique (-10000 à -7000 ans) : forte élévation thermique (2 à 3°), légère diminution des précipitations (200 à 300mm), soit une évolution xérothermique stricte;
- du début de l'Atlantique au Subboréal (-7000 à -5000 -2700 ans) : légère diminution thermique (1°), mais forte augmentation des précipitations (transition de la période xérothermique ou "optimum climatique" à la période mésohygrothermique subboréale);
- du Subboréal à la période actuelle : évolution rigoxérique de plus faible amplitude (1/2° et 200mm) souvent modifiée par l'homme en un processus subxérothermique apparent.

5. La phytocinétique pléistocène :

nivation et glaciation (Fig. 4) :

- nivation : persistance de la couche de neige disparaissant au début ou au cours de la saison chaude;

- glaciation : fusion annuelle inférieure à l'apport neigeux, d'où transformation en glace, accumulation en calottes et écoulement en glaciers;

- front d'équilibre nival (FEN) : limite au delà de laquelle les phénomènes de nivation cessent d'être sensibles, la période d'enneigement ou de froid étant trop courte et le dégel trop brutal;

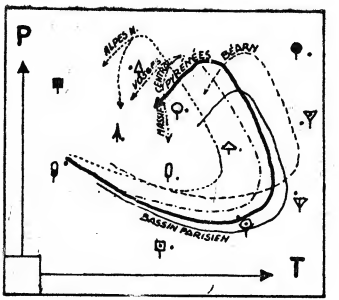
- front de cryogénèse (FC) : limite au-delà de laquelle par le jeu du gel et du dégel l'élaboration de la glace est supérieure à la fusion;

- front d'équilibre glaciaire (FEG) : limite au-delà de laquelle la fusion d'un glacier équilibre son rapport;

- zone di nivation (ZN) : territoire compris entre les fronts d'équilibre nival (FEN) et de cryogénèse (FC);

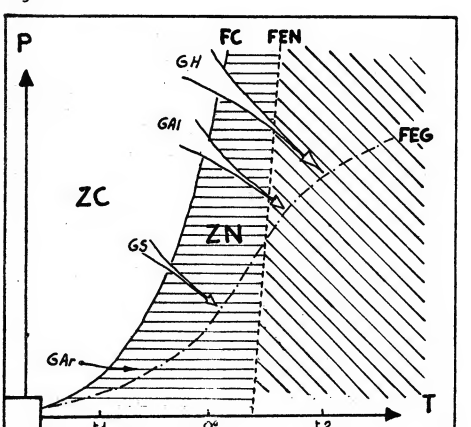
- zone de cryogénèse (ZC) : territoire au-delà du front de cryogénèse (FC);

Fig. 3



Cheminement ombrothermique holocène

Fig. 4



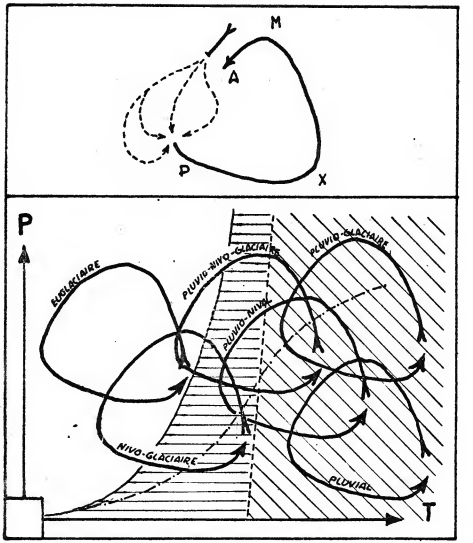
Interprétation ombrothermique de la nivation et de la glaciation

D'après P. RE[illegible]

interprétations ombrothermiques (Fig. 4) :

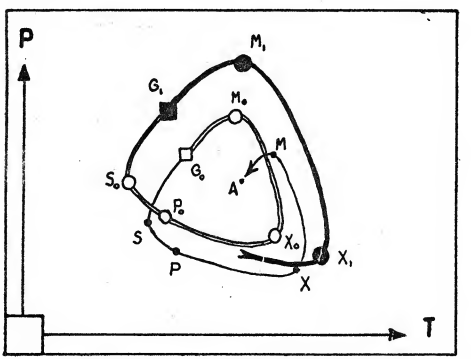
- deux limites remarquables permettant de situer nivation et glaciation :
  - la limite supérieure t 1 des climats cryomériques au-delà de laquelle la température moyenne annuelle ne dépasse jamais 0°,
  - la limite supérieure t 2 des climats tempérés froids au-delà de laquelle la température moyenne annuelle ne s'abaisse jamais au-dessous de 0°;
  - possibilité de chutes de neige entre t 1 et t 2, mais impossibilité de chute de pluie au-dessous de t 1;
- accroissement du potentiel nival en ordonnées P :
  - distorsion mineure du FEN et majeure du FC;
  - le FEG, voisin du FC pour glaciers arctiques (Gar), traverse la ZN pour glaciers scandinaves (GS), dépasse le FEN pour les glaciers alpins (GAl) pour atteindre les zones ombrothermiques chaudes pour les glaciers himalayens (GH);
- apparition de trois zones ombrothermiques principales :
  - zone de nivation stricte, limitée par axe des T, FEN et FEG;
  - zone de nivation-glaciation comprise entre limites des FC, FEN et FEG;
  - zone de glaciation distale (hyperglaciation) au-delà du FEN et en-deçà du FEG;
- cheminement ombrothermique homologue de celui de l'Holocène : révélé par fragments reconstitués de divers interglaciaires ou interstades. Ces phases anciennes, plus chaudes ou plus froides que la phase récente, semblent montrer la même succession relative traduisant le même thème d'évolution climatique :
  - froid et assez sec,
  - nettement plus chaud et plus sec,
  - moins chaud et beaucoup plus humide,
  - moins chaud et moins humide;
- solution de continuité entre dernière étape et première étape d'une série ultérieure (Fig. 5a) :
  - nécessite reconstitution du cheminement ombrothermique appuyée sur l'hypothèse d'une évolution climatique cyclique;
  - fermeture du cheminement par tracé direct (seule condition d'une migration de type steppique ou sarmatique dans les plaines européennes) de préférence à tracés froid ou chaud;
- pluralités des types de cycles climatiques quaternaires (Fig. 5b) :
  - cycle pluvial : au-delà du FEN;
  - cycle pluvio-nival : de part et d'autre du FEN;
  - cycle pluvio-glaciaire : de part et d'autre du FEG et au-delà du FEN;
  - cycle pluvio-nivo-glaciaire : franchissement des FEG et FEN;
  - cycle nivo-glaciaire : de part et d'autre du FC;
  - cycle euglaciaire : en deçà du FC.

Fig. 5ab



Cycles climatiques quaternaires

Fig. 6



Cheminements ombrothermiques quaternaires

D'après P. REY

6. La phytocinétique quaternaire :

succession des cycles climatiques (Fig. 6) :

- période beaucoup plus froide que le Préboréal holocène non nécessaire pour expliquer une glaciation :
  - rien ne prouve que les stades würmiens aient été plus froids que le Subarctique (S) qui a suivi le retrait des glaciers, mais il paraît raisonnable d'attribuer au Subarctique (S) une température légèrement plus basse qu'au Préboréal (P) qui l'a suivi;
- cheminement ombrothermique holocène : marqué par les stades SPXMA (Subarctique ou fin du Tardiglaciaire, Préboréal, Xérothermique ou Atlantique, Mésohygrothermique ou Subboréal, Actuel), l'étape PX s'identifiant avec le Boréal, l'étape MA ou Subatlantique représentant sous nos latitudes une ébauche avortée de cycle glaciaire;
- cheminements homologues interglaciaires : sur le type $S^{o}P^{o}X^{o}M^{o}G$, le stade G (Glaciaire) étant l'homologue du stade A (Actuel), ce qui laisse supposer pour le tracé sur le graphique une disposition du segment $M^{o}G$ plus proche de la zone de cryogénèse ZN que le segment MA :
  - G peut être interprété comme le point nodal de renversement de prééminence des paramètres ombrique (P) et thermique (T);
  - X^{o} peut correspondre à l'"optimum" soit d'un interpluvial, soit d'un interglaciaire, soit d'un interstade.

III. LA THEORIE DU CYCLOTHEME OMBROTHERMIQUE

1. Historique :

notions exposées au Cours de Préhistoire de l'Université de Pau en 1971-1972 et au Quatrième Séminaire de typologie analytique.

2. Le cyclothème ombrothermique pluvio-nivo-glaciaire :

seul, le cycle pluvio-nivo-glaciaire, correspondant à nos latitudes, sera pris en considération;

modification de la terminologie de Pierre REY (Fig. 7) :

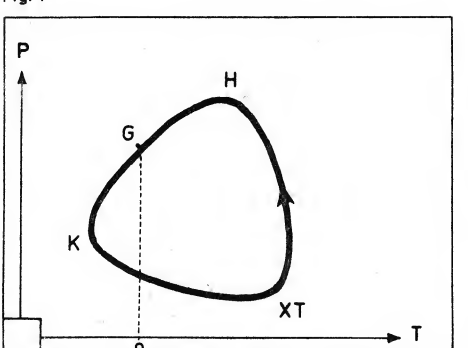
- phase hygromérique (hugros = humide) H;
- phase cryomérique (kruos = froid) K;
- phase xérothermomérique (xêros = sec, thermos = chaud) XT;
- point nodal G;
- évolution cryoxérique (kruos = froid, xeros = sec) H-K;
- évolution xérothermique (xéro = sec, thermos = chaud) K-XT;
- évolution hygrohypothermique ou hygrochliarique (hugros = humide, chliaros = tiède) XT-H;

phase hygrothermique H (système à dominante mécanique ou rhexistasie):

- érosion :
  - creusement des terrasses, ravinement des loess, ravinement et vidange des sédiments des abris et grottes;

évolution cryoxérique H-K (système à dominante mécanique ou rhexistasie):
- point nodal G : déclenchement de la cryergie;
- colluvionnement H-G :
  - colluvions des terrasses, des loess, des sédiments des abris et grottes;
- cryoclase G-K :
  - destruction générale des roches : communition (GUILLIEN et LAUTRIDOU 1970);
  - érosion différentielle : abris et auvents des grottes;
  - dépôts de pente et niveaux cryoclastiques des abris et grottes;
  - gélifraction des galets superficiels des terrasses;
  - élaboration des matériaux éoliens : loess, sables soufflés;
- cryoturbation G-K :
  - pergélisol : vallées asymétriques, fentes en coin, sols réticulés, sols polygonaux, sols striés, buttes gazonnées, pingos, plications, involutions, injections, solifluxions, limons nivéo-fluviaux;
  - terrasses climatiques;
  - cailloutis de base des loess;
  - cryoturbation des sédiments des abris et grottes;
- dissolution des calcaires :
  - calcaire six fois plus soluble à 0° qu'à 40°;
  - libération des argiles;
  - décalcification des parois et sédiments des abris et grottes;

Fig. 7



Cyclothème ombrothermique

phase cryomérique K (sistème à dominante mécanique ou rhexistasie) :
- éolisation :
  - limons et sables soufflés (morphoscopie des grains de quartz et analyse des minéraux lourds);
  - vernissage et facettage des galets superficiels (dreikanters);
  - dépôts de limons éoliens (loess) et sables soufflés sur les pentes, les terrasses et dans les abris et grottes;

évolution xérothermique K-XT (système à dominante biochimique ou biostasie :
- altération :
  - éluviation ou lessivage (horizon A) et illuviation ou accumulation (horizon B) de la roche-mère C par migration descendante;
  - diagénèse des sédiments (hydrolyse des silicates essentiellement) : libération du fer redéposé sous forme d'hydroxydes ferrique (rubéfaction) ou ferreux (blanc-verdâtre), précipitation du manganèse mis en mouvement sous forme d'oxydes insolubles en surface (croûtes, sols ferralitiques) ou en profondeur (concrétions sphériques);
  - fentes de retrait parfois secondairement remplis de calcaire ou tapissées de manganèse (argiles et limons fendillés);
  - altération des dépôts de pente, des terrasses, des loess (lehmification), des sédiments des abris et grottes;
- encroûtement calcaire superficiel :
  - prédominance de l'évaporation sur les précipitations : migration ascendante du calcaire entraînant le concrétionnement de la masse du sédiment et la formation d'une croûte en surface;
  - concrétionnement et encroûtement des dépots de pente, des terrasses, des loess et des sédiments des abris et grottes;
- érosion :
  - précipitations rares mais violentes sur sol dénudé;
  - creusement des terrasses, ravinement des loess, ravinement des sédiments des abris et grottes;

phase xérothermique XT (système à dominante biochimique ou biostasie):
- altération;
- encroûtement calcaire superficiel;
- eustatisme :
  - transport de très fins limons par les cours d'eau;
  - terrasses eustatiques;

évolution hygrochliarique XT-H (système à dominante biochimique qu biostasie) :
- altération;
- dissolution des calcaires;
- brèches et planchers stalagmitiques :
  - évaporation des eaux chargées de bicarbonate de calcium $(CO3)2H2Ca$ et précipitation de $CO3Ca$ dans les dépôts de pente, les sédiments des terrasses et des abris et grottes;

- consolidation en brèche (écoulement en nappe) ou en plancher stalagmitique (écoulement superficiel);

- dissolution des calcaires : beaucoup moins forte qu'un période froide, mais eaux riches en bactéries, provenant des zones de décomposition de matières organiques, très agressives;

- tufs et tourbes :
  - tufs des sources et des rivières (action des algues);
  - tourbes des estuaires et des lacs;

- colluvionement :
  - lessivage des pentes par eaux météoriques;

- eustatisme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOURDIER F., 1938 - Essai de synthèse sur le Quaternaire du Sud-Ouest de la France. Bull. Soc. Etudes locales de la Charente, 182, 183, 184, tiré à part, 24 p.

BORDES F., 1954 - Les limons quaternaires du Bassin de la Seine. Stratigraphie et Archéologie paléolithique . Archives de l'Institut de Paléontologie Humaine, 26, 472 p., 175 fig., 34 tabl.

LUMLEY H. et BOTTET B., 1960 - Sur l'évolution des climats et des industries au Riss et au Würm d'après le remplissage de la Baume Bonne. (Quinson, Basses Alpes). Sonderdruck aus Festschrift für Lothar Zotz. Steinzeitfragen der Alten und Neuen Welt, Bonn, p. 271-301, 16 fig., 1 tabl., 1 pl. photos hors texte.

GUILLIEN Y. et LAUTRIDOU J.P., 1970 - Recherches de gélifraction expérimentale du Centre de Géomorphologie. I. Calcaires des Charentes. Centre de Géomorphologie de Caen, C.N.R.S., 5, p.147, 6 fig., 4 pl.photos hors texte.

LAPLACE G., 1966 - Les niveaux castelperronien, protoaurignaciens et aurignaciens de la Grotte Gatzarria à Suhare en Pays Basque. Fouille 1961-1963. Quartär, 17, p.117-140, 4 fig., 5 tabl.

REY P., 1960 - Essai de phytocinétique biogéographique. C.N.R.S., 400 p., 167 fig., 25 tabl., 13 pl. hors texte.

PROGRAMME D'ANALYSE DISCRIMINANTE MULTIVARIEE D'UN MATERIEL LITHIQUE[+]

Jean Lesage
Chargé de Recherche au C.N.R.S.

Analyse : elle est de type inductif. A partir d'observations, une hypothèse est construite. En se fondant sur des éléments différents de ces observations, les calculs vérifient ou no l'hypothèse.

discriminante : le but est de séparer au mieux des groupes d'objets, en permettant d'observer individuellement ceux-ci, et particulièrement ceux qui se trouvent dans les zones de recoupement de deux groupes.

multivariée : le calcul doit permettre de tenir compte à la fois de tous les caractères et de leurs valeurs (les variables) simultanément pour chaque objet et pour l'ensemble. Ainsi par exemple, les classiques tableaux à deux entrées ne permettent que l'introduction de deux variables. Utilisant les propriétés des espaces n-dimensionnels, l'analyse multivariée crée un système où se manifeste l'interaction de tous les éléments pris en compte. Le système est tel que l'introduction ou le retrait d'un seul objet modifie la totalité des calculs.

PROBLEME ARCHEOLOGIQUE

L'exemple traité concerne un matériel lithique provenant d'une fouille effectuée au Mexique. S'agissant d'un matériel américain, aucune référence ne pouvait être faite aux classifications européennes. Les quelques tableaux typologiques proposés jusqu'alors pour le continent nord-américain ne pouvaient servir de cadre, même provisoire, à ce matériel constitué en très grande partie d'éclats, dont 6 % seulement étaient retouchés. Un classement morphologique n'a pu être tenté, en raison de la très grande diversité des

[+]Résumé de l'exposé fait au Séminaire de Typologie Analytique d'Arudy le 27 Août 1973.

formes, non significatives d'ailleurs, à priori, de caractères culturels. Quant à un classement suivant le mode de fabrication, il risquait d'aboutir à une ou quelques catégories trop générales pour l'objectif visé. Enfin, une typologie fondée sur l'identification de fonctions à partir de l'examen de stigmates d'utilisation a été écartée. Déjà difficile pour des materiels connus, une telle tentative l'aurait été encore davantage ici, et, de toute façon n'aurait pu intervenir qu'en complément de classements préalables.

Nous avons donc pris pour point de départ des catégories d'ensemble définies déjà dans des classifications générales, par exemple des objets travaillant en "percussion linéaire" (A. LEROI-GOURHAN) comme ceux à "couper - fendre - inciser" et "racler - gratter - raboter" qui tous ont une "entrée en contact par une ligne" (A. EMPERAIRE). Une dénomination telle que "objets à tranchant" est apparue équivalente mais assez générale pour recouvrir l'ensemble d'un matériel d'éclat, dans la mesure où est "tranchant" toute ligne d'arête de l'angle dièdre formé par l'intersection de deux surfaces. Aussi avons nous :

- limité la notion de tranchant à une échelle de l'angle de coupe comprise entre 10° et 50°, choix qui a éliminé les possibles tranchants supérieurs à cette valeur destinés à une autre analyse où l'opposition "tranchant - non tranchant" se ferait dans une portion supérieure à l'échelle. Ce choix s'est fondé sur l'hypothèse que cette restriction isolait des possibilités fonctionnelles exclusives d'autres, ceci d'après une analyse de divers aspects du travail imposé aux objets suivant les utilisations ;

- associé, pour ces raisons, le tranchant (partie active) à d'autres parties de l'objet, celui-ci étant le réceptacle de moments, de couples, de résultantes des forces motrices (à partir d'une zone de points d'application) et des forces de résistance (à partir de la zone active) ;

- pensé que, à des catégories différenciées de ces jeux de forces, devaient correspondre des associations différentes entre partie active et parties non actives, des constitutions différentes de celle-ci et celles-là, et des qualités de cohérence entre les deux, telles que l'objet ne puisse être détruit, c'est-à-dire des assemblages contrastés de caractères mesurables.

L'observation individuelle des objets a conduit à déceler et identifier plusieurs tendances à des dispositions préférentielles de certain caractères permettant de définir quatre modèles théoriques. A charge pour les calculs, effectués sur des caractères autres que ceux qui ont servi à construire l'hypothèse, de confirmer ou infirmer l'existence de groupes distincts correspondant aux modèles.

RECHERCHE DES VARIABLES - VALIDATION

Après quelques définitions des concepts utilisés, nous avons inventorié les variables dont les valeurs étaient susceptibles d'entraîner des qualités mécaniques particulières (par exemple : épaisseur : liée à la résistance à la flexion par rapport à une longueur donnée).

Puis les variables ont été validées, c'est-à-dire que nous avons cherché à évaluer leur légitimité à entrer dans les calculs projetés vis à vis du but fixé, en respectant deux soucis complémentaires :

- constater des différences de valeur dans au moins l'un des cas prevus: ces validations ont été induviduelles, par examen des valeurs moyennes, suivant le modèle ou suivant la zone, ou encore réciproques par examen des coefficients de corrélation linéaire dans les mêmes conditions ;
- garantir l'objectivité du choix : après élimination des variables contenues dans l'hypothèse, la très grande complexité des associations des variables restantes, due au caractère du calcul, rendait imprévisible le pouvoir discriminant de l'ensemble. Toute variable dont le caractère discriminant aurait été évident dans tous les cas, n'aurait pu être conservée.

PROBLEME POSE AUX MATHEMATICIENS-INFORMATICIENS (1)

Nous avons demandé à :

- obtenir une appréhension rapide et claire de l'originalité ou non des modèles
  - par des nombres synthétisant les situations : test de CHI 2 des distances entre groupes
  - par une représentation graphique qui permette de juger globalement les résultats, mais aussi de repérer individuellement chaque objet afin de commenter sa position dans, en marge, ou en dehors d'un groupe.
- pouvoir introduire autant de variables et autant de groupes qu'il serait nécessaire, dans des limites compatibles avec le calcul et les possibilité matérielles ;
- pouvoir ajouter ou retrancher sans inconvénient majeur, autant d'objets, autant de variables ou autant de groupes qu'il serait nécessaire ;

---

(1) Ce travail a été réalisé en collaboration étroite avec le Centre d'Analyse Documentaire pour l'Archéologie du C.N.R.S. à Marseille, fondé par M. J-C. GARDIN et actuellement dirigé par M. M.BORILLO, et plus particulierement avec M.Peter IHM et M.Alain GUENOCHE. Les calculs ont été réalisés à ce centre ainsi qu'à l'Institut de Satistique Médicale de l'Université de Marburg dirigé par M.IHM. Que tous en soient remerciés.

- pouvoir répéter, au cours d'un même traitement le même calcul pour un ou plusieurs ensembles différents, et standardiser les résultats pour rendre comparables les résultats de plusieurs zones d'une même fouille, ou de plusieurs niveaux, ou de plusieurs gisements ;
- pouvoir lire dans chaque cas, les moyennes et écart-types et les matrices de corrélation.

Tous ces objectifs ont été atteints.

Les premiers essais ont été faits sur de petites séries d'objets et avec des objectifs limités. Les expérimentations sur machine ont été réalisées en alternance avec les préparations théoriques nécessaires. Par étapes successives, les traitements ont été rendus plus complexes, tandis que les échantillons d'objects atteignaient le maximum de ce qui pouvait être extrait de nos fiches descriptives selon les définitions précisées. Nous avons inclus des cas discutables ou même équivoques, afin d'accepter la plus grande difficulté possible et obtenir la meilleure signification et justification du programme.

Finalement 774 objets ont été traités, répartis sur les quatre modèles, plus un échantillon pris au hasard dans le matériel restant afin de mesurer non seulement les différences entre modèles, mais aussi entre ceux-ci et un ensemble réputé non identifiable. Les comparaisons ont été faites pour quatre zones de la fouille allant de l'abri vers l'extérieur.

Une variable "niveau" n'a pu être introduite parce qu'insuffisamment validée. D'autre part une division supplémentaire des échantillons en niveaux aurait abouti à des effectifs trop faibles pour une bonne précision des calculs. En revanche, les niveaux interviendraient dans l'analyse chargée de vérifier l'homogénéité interne des groupes.

FONCTIONNEMENT DU PROGRAMME

Des calculs complexes attribuent à chaque objet et de façon très précise une position dans un espace à autant de dimensions qu'il y a de variables. On obtient donc un ensemble de points dans cet espace. Des groupes diversifiés constituent autant de nuages de points.

Mais les résultats sous cette forme ne seraient pas exploitables. Aussi, un nouveau calcul ramène l'ensemble à des données qu'il est possible de transcrire graphiquement, en minimisant les pertes d'information qui en résultent.

C'est ainsi que, pour trois groupes en présence, chaque objet se voit attribuer deux coordonnées. Il suffit alors de les transcrire sur papier millimétré (le projet d'adjonction d'un programme-dessin a été abandonné). Il n'était pas possible d'imprimer de façon claire, et un repère de l'objet, et son numéro d'identification.

Avant la liste des objets et de leurs coordonnées on peut lire un certain nombre de valeurs dont les principales sont :

1 - les caractéristiques de chacun des groupes :
  - moyenne de chaque variable
  - écart type dans le groupe
  - écart type standardisé
  - matrice des coefficients de corrélation
2 - les mêmes caractéristiques pour l'ensemble de tous les groupes dans une même zone
3 - un test d'égalité des moyennes des groupes (CHI 2, nombre de degrés de liberté et calcul de la probabilité correspondante)
4 - le pourcentage de discrimination de chacune des coordonnées
5 - l'importance relative pour la discrimination de chaque variable

RESULTATS

Plusieurs conclusions archéologiques se sont dégagées :

- sur l'ensemble du matériel (les 4 modèles + les éclats restant) ; une étude sur les moyennes a montré une unité du matériel d'éclat pour l'ensemble des niveaux et des quatre zones ;
- sur l'ensemble de la fouille : le test d'égalité des moyennes des groupes a montré que les différences entre eux sont toutes significatives, mais beaucoup plus dans l'abri, et moins à mesure que l'on s'en éloigne. Ce qui a suggéré une sélection d'objets différenciés à partir d'un stock commun, cette sélection étant en moins perceptible en dehors d'une certaine zone ;
- sur le matériel de l'abri. La représentation graphique a montré une forte discrimination pour trois des groupes, moins forte pour une quatrième ainsi qu'une certaine distinction des quatre groupes avec l'ensemble restant (peut être à cause de la présence d'un cinquième groupe ou davantage) ;
- hors de l'abri : les représentations graphiques ont montré la tendance des groupes à s'interpénétrer.

D'autres opérations ont été effectuées avec le même programme :

- avec une inversion des modèles et des zones entraînant la possibilité de comparer entre elles les quatre zone pour chacun des modèles. Les tests ont confirmé la constatation d'une distribution non aléatoire d'objets individualisés, mais nuancée suivant les zones. Celle-ci accusent des différences marquées pour les groupes dont l'originalité est forte, et peu ou pas de différence pour les autres
- répétition de la recherche de discrimination mais limitée aux deux groupes qui ont montré la plus forte tendance à s'interpénétrer. Les précédentes remarques n'ont pas été infirmées. Dans l'ensemble, la discrimination des groupes a confirmé l'originalité et la pertinence des modèles ;

- comparaison des quatre modèles et de l'échantillon au hasard pour chaque matériau.

De plus, chaque fois que cela a été nécessaire au cours des exploitations des résultats, l'examen de caractéristiques comme les corrélations, les variances, le poids des variables a pu être fait.

Le caractère de souplesse de l'ensemble de cette procédure offre pour toutes ces raisons, nous l'espérons, une possibilité d'application à diverses situations rencontrées dans la recherche préhistorique.

Le temps de lecture du programme et d'exécution des calculs pour 774 objets, 8 variables et cinq groupes est de l'ordre de 25 secondes.

Le programme, écrit en FORTRAN IV par MM. IHM et GUENOCHE à partir d'un programme de R.G. DAVIES est à la disposition de chercheurs.

ORIENTATION DES OUTILS DE PIERRE

Jean Lesage

On se propose de formaliser un système d'orientation (perception globale de l'objet dans l'espace physique) indépendamment des informations d'ordre ethnographique (utilisation) et d'ordre technologique (fabrication de l'objet). A la différence de l'ethnologue, l'archéologue est privé des premières informations et ne fonde les secondes que sur une bonne connaissance des matériels, donc après analyse. Le premier acte d'enregistrement demande un système neutre. Celui-ci entend réduire au mieux les ambiguïtés entraînées par la diversité des méthodes utilisées. Cependant, il reste ouvert : en effet, des changements d'orientation peuvent (et doivent) nécessairement intervenir au cours des démarches. C'est précisément dans ces changements par rapport au système initial que résident des informations importantes.

Ce travail ce réfère plus spécialement à l'article de J.C. GARDIN "Methods for the descriptive analysis of archaeological material" in American Antiquity, janvier 1967, ainsi qu'au "Guide pour l'Etude des Industries Lithiques d'Amérique du Sud" d'Annette EMPERAIRE, EPHE, janvier 1969.

CADRE DE TRAVAIL

Il repose sur la conception mécanique des outils. On se rapportera le plus étroitement possible aux trois chapitres de la Mécanique rationnelle : Statique, Cinématique, Dynamique.

Statique

Etude des conditions pour qu'un solide soit en équilibre par rapport à un système de références supposé fixe (système d'axes liés à la terre). Cette définition des manuels propose un cadre idéal au niveau de l'enregistrement des objets.

+ Résumé de ORIENTATION, PARTITION ET MENSURATION DES OUTILS DE PIERRE, communication présentée au 1° Coloquio Internacional de Prehistoria de Morella (Espagna) 2-6 Mai 1974.

Bon nombre de représentations graphiques des auteurs obéissent intuitivement à ces conditions.

Cinématique

Etude du mouvement, indépendamment des causes susceptibles d'animer ces mouvements.

L'objet archéologique n'est certes pas vu en mouvement. Il n'en reste pas moins possible de faire des hypothèses sur les conditions qui permettent ces mouvements.

Dynamique

Etude des relations entre les forces et les mouvements qu'elles produisent.

Ici aussi, de nombreuses hypothèses peuvent être faites. A charge bien entendu de les valider avec des moyens extérieurs à l'hypothèse. Il y a toutefois entre les résultats de ces démarches et les décrets d'une typologie dite fonctionnelle (ceci est un grattoir, un raloir, etc) et justement condamnée le plus souvent, encore que la terminologie préhistorique soit souvent "fonctionnelle".

C'est bien entendu l'examen statique de l'objet qui est utilisé pour orienter l'objet.

ORIENTATION DES OBJETS

- Quelques systèmes d'orientations proposés par les auteurs. Cas d'ambiguïtés.
- Statique. Sa définition apporte la plus grande garantie de neutralité au moment de l'enregistrement de l'objet (dont, au premier chef, l'enregistrement graphique). Sur elle repose l'orientation initiale et les définitions qui en découlent.
  C'est intuitivement que le rayon de la terre est choisi comme référence, chaque fois que l'on reporte sur une feuille les notions "verticale", "horizontale". Ce rayon est aussi la direction de la pesanteur. Même si la feuille de papier est horizontale ou oblique, la verticalité de la représentation se précise par rapport à l'axe corporel de l'observateur qui est bien "les pieds sur terre".
- Examen statique de l'objet : les seules forces en présence sont:
  - forces de contact
  - forces extérieures

  Ici exclusivement la pesanteur, puisqu'il ne peut être question de forces magnétiques ou électro-magnétiques.

- point d'application de la pesanteur

Le centre de gravité. N'importe quel objet, composite ou non et quelle soit sa forme, a un centre de gravité, interne ou externe et qui peut toujours être déterminé par le calcul ou graphiquement.

Le principe de l'orientation repose sur la détermination d'un axe passant par le centre de gravité (cas des formes irrégulières, qui est un cas très frequent pour le matériel lithique) ou sur le choix de l'axe de symétrie ou de l'un des axes de symétrie (cas des figures régulières). La pièce est alors inscrite dans un rectangle dont les grands côtés sont parallèles à cet axe. (La notion de rectangle minimum invoquée par certains auteurs est ambigüe, certaines formes irregulières admettant plusieurs rectangles minimum).
Le rectangle d'inscription est vu par l'observateur de telle sorte que le grand axe soit dans le plan du rayon de la terre, le centre de gravité étant placé entre le centre du rectangle et le centre de la terre.

- Détermination du centre de gravité. Expérience de comparaison de déterminations, d'une part obtenues méthodiquement, d'autre part, notées "à l'oeil" (mais un oeil exercé), les différences ne sont pas statistiquement significatives, sauf pour pièces complexes.

- Examen de l'objet dans l'espace : questions sur la légitimité des trois dimensions :

Examen à deux dimensions :

- projection de l'objet sur le plan. Conditions et options.

On obtient donc des figures. On détermine le centre de gravité de la figure (beaucoup d'objets lithiques sont assimilables à une figure. Figure = notion de "plaque", c'est à dire que la troisième dimension existe, mais est considérée comme négligeable).

- classification des figures (1)

ordre 1 : une rotation de $\frac{2\pi R}{1}$ autour du centre de gravité pour retrouver la figure.

1a : l'objet n'a pas d'axe de symétrie. Cas fréquent de tous les objets irréguliers.

1b : la figure a un axe de symétrie : exemple : triangle isocèle croissant.

ordre 2 : une rotation de $\frac{2\pi R}{2}$ est nécessaire pour retrou-

(1) ceci est une adaptation du système d'orientation des minéralogistes. Il nous a été suggéré par M. [illegible]LFAUD, géologue (université d'Oran).

ver la figure : exemple : losange. Les figures ont deux axes de symétrie.

ordre 3 : $\frac{2\pi}{3}$ et trois axes de symétrie

ordre 4, 5, etc (infini= cercle)

Toutes ces solutions sont représentées dans l'outillage de pierre. Mais l'ordre 1a & b est de loin le plus important.

Orientation des figure 1a :

- Mode de détermination du meilleur axe (qui "ressemble" le mieux à un axe de symétrie).
  On cherche alors le point de la périphérie le plus éloigné du centre. La droite qui relie le centre de gravité à ce point est le support de l'axe cherché. S'il y a deux points le support de l'axe est la bissetrice de l'angle dont le sommet est le centre de gravité et dont les côtés passent par ces deux points, et s'il s'en trouve plusieurs, c'est la bissetrice de l'angle dont les côtes passent par les deux points les plus distants entre eux.

  C'est à partir de cette disposition que se définissent les longueurs, largeurs, base, sommet etc.

Orientation des figures 1b :

- Même construction sur l'axe de symétrie.

  Un cas d'ambiguïté pour ces deux figures : le centre de gravité est confondu avec le centre de la figure d'inscription.

Orientation des autres figures :

- Choix au hasard (tirage au sort) d'un axe de symétrie. Sur une certaine série les choix sont équiprobables; ils serviront de base de comparaison aux orientations déterminées apparues et explicitées dans la suite de l'analyse.

Un changement d'orientation intéressant est, tout en restant au niveau statique, celui qui resulte de l'intervention des forces de contact c'est-à-dire la réalisation matérielle de l'équilibre avec la pesanteur, l'objet étant au repos. Ceci concerne tous les objets dont la destination est d'être posés, et dont un polygone de sustentation est matérialisé.

Examen à trois dimensions :

La remarque précédente implique l'intervention de la troisième dimension.

On cherchera donc d'abord, et pour tous les objets, les déplacements du centre de gravité entraînés par la prise en considération de la troisième dimension.

- Déplacement nul ou négligeable : l'objet est suffisemment explicable (mécaniquement) par la figure.
- Déplacement non négligeable. On a affaire à des objets mécaniquement plus complexes, mais on y trouvera aussi un enrichissement des hypothèses.

Extension à d'autres objets archéologiques :

On reprendra l'exemple cité par J.C. GARDIN (op. cit. fig.2). L'ambiguïté évoquée n'existe pas avec une stricte application du système.

Mais un contexte archéologique pourrait intervenir pour décider s'il s'agit d'une coupe ou d'un couvercle. La décision de l'orientation statique étant : couvercle (dans un choix obligatoire entre coupe et couvercle), la décision résultant d'un contexte serait alors : bon couvercle, ou mauvais coupe suivant les cas, les informations "bon" ou "mauvais" étant générées par le processus.

On citera aussi l'exemple d'une amphore dessinée "à l'envers" suivant ces règles, et réorientée "convenablement" sans intervention de considérations de fonction.

Mais on ignore si le système est vraiment généralisable à tous les objet archéologiques.

PREMIERS ELEMENTS POUR SERVIR A L'ANALYSE TYPOLOGIQUE DES GALETS AMENAGES

Gérard Thomas
Assistant de Géologie à l'Université d'Oran

" Tel est le projet de la typologie analytique qui s'efforce d'élaborer une terminologie valable pour toutes les industries en général, indépendamment de leur âge et de leur distribution " G.Laplace - 1968

L'étude typologique des outils sur galet par la méthode analytique de G. LAPLACE s'impose si l'on veut saisir un jour les variations structurales des divers complexes industriels de la civilisation du galet aménagé ("Pebble Culture" des auteurs anglosaxons), culture primitive, certes, mais déjà complexe et dont la technique a perduré jusqu'au Néolithique.

Le premier stade d'élaboration d'une systématique morphotechnique présenté ici, a simplement consisté en la définition des éléments de l'analyse, puis dans l'articulation en une formule analytique, afin de pouvoir intégrer ultérieurement les galets aménagés dans une typologie générale.

L'industrie qui a servi de base à cette tentative a été récoltée en plusieurs gisements de l'Oranie. Il s'agit d'un lot composé, à ce jour, d'une centaine de pièces appartenant à la civilisation du galet aménagé du Quaternaire ancien (1), (2), (3).

I - LES ELEMENTS DE L'ANALYSE.

Les éléments de l'analyse définis ci-après constituent une adaptation de ceux élaborés par G. LAPLACE : la retouche d'un éclat diffère suffisamment de la taille d'un galet pour que le passage de l'une à l'autre rende cette adaptation nécessaire. Elle se traduit par le développement de quelques notions nouvelles, ce qui a conduit à modifier quelque peu le vocabulaire.

Notons également que nous examinons ici le galet lui-même, négligeant les éclats d'enlèvements; c'est donc le "noyau" qui constitue la pièce.

A - Les critères de la taille.

1. Mode de taille.

Le mode de retouche ne s'exerçant que sur le produit de débitage, il faut considérer un mode de taille qui soit susceptible de se placer au même niveau d'organisation des critères fondamentaux.

On peut ainsi définir un mode cortical et un mode acortical :

a) Cortical (C) : le plan de frappe utilisé pour détacher un éclat (ou une série d'éclats) est naturel.

b) Acortical (∅) : le plan de frappe est constitué par le négatif d'un enlèvement (ou série d'enlèvements) antérieur.

2. Importance.

Un enlèvement peut être : (Fig. 1)

a) Mince (m) : la trace de l'éclat, peu étendue, localisée à la périphérie, ne modifie que légèrement la forme du galet.

b) Envahissante (v) : le négatif, localisé à la périphérie, occupe une grande partie du cortex mais ne modifie pas de manière importante la silhouette du galet.

c) Epaisse (e) : l'enlèvement pénètre à l'intérieur du volume du galet et affecte très nettement sa silhouette.

3. Association.

Le troisième critère fondamental de la typologie des outils sur éclat, celui de direction, est basé sur la notion de face interne et de face externe, inexistante ici. Ce critère est remplacé par celui d'association. L'association est dite : (Fig. 2)

a) Unique (u) : lorsque, dans une série, un enlèvement ne s'organise pas selon l'un des 3 cas définis ci-dessous ou lorsque l'enlèvement est isolé.

b) Adjacente (a) : les négatifs d'une série d'enlèvements se recoupent suivant leur partie latérale (dextre ou senestre).

c) Superposée (s) : une première série d'enlèvements adjacents est recoupée par une 2ème série, les coups étant portés dans le même sens, (terme précisé par la suite).

d) Latéro-alternée (l) : le détachement d'une série d'éclats est fait à partir du négatif précédent, les coups étant portés alternativement sur la partie senestre ou dextre.

Les 3 éléments fondamentaux : mode, importance, association, définissent le sigle technique de la taille qui est placé entre crochets de la même façon que le sigle technique de la retouche.

B - Sens des enlèvements corticaux.

Le contour de l'outil est extrapolé de manière à retrouver la forme initiale du galet avant son façonnage par les enlèvements. Le galet ainsi reconstitué est inscrit dans un parallélépipède à base rectangle, dont les trois arêtes sont :

- égales à la mesure des paramètres (longueur, largeur, épaisseur) tels qu'ils sont définis par A. CAILLEUX et J. TRICART (4) pour un galet quelconque;
- parallèles à la direction de ces 3 dimensions (Fig. 3).

Ce parallélépipède est nommé prisme directeur.
Les faces dont les côtés ont pour dimensions :

- la longueur et la largeur, sont dites principales (princ.)
- la longueur et l'épaisseur, sont dites latérales (lat.)
- la largeur et l'épaisseur, sont dites frontales (front.)

Le sens de l'enlèvement est défini par celui de l'axe joignant l'extrémité proximale à l'extrémité distale de l'éclat correspondant.

Il est désigné par les noms des faces du prisme directeur qu'il traverse successivement. On dispose ainsi de 9 possibilités pour caractériser le sens :

princ. princ.	front. front.	lat. lat.
princ. lat.	front. lat.	lat. front.
princ. front.	front. princ.	lat. princ.

C - Localisation des enlèvements acorticaux.

Les pièces à enlèvements acorticaux sont les plus complexes. La chronologie du façonnage est parfois incertaine ou difficile à établir ; par ailleurs, la forme du galet initial peut ne plus être perceptible.

On localise un enlèvement par rapport au négatif servant de plan de frappe ; suivant l'emplacement du point d'impact sur ce dernier, un enlèvement peut être : proximal, distal, senestre ou dextre.

On peut désigner les positions intermédiaires par la combinaison des localisations précédentes : disto-dextre, proximo-dextre, proximo-senestre, disto-senestre (Fig. 4).

D - Forme.

L'intersection de 2 ou plusieurs enlèvements peut être : (Fig. 5)

- plate : lorsque l'angle α est voisin de 180°
- obtue : $180° > \alpha > 90°$
- aigue : $\alpha < 90°$

II - ARTICULATION DES ENLEVEMENTS.

Trois symboles d'articulation, parmi ceux qui ont été définis par C. LAPLACE, sont retenus pour l'instant, et leur signification est étendue à la description des galets aménagés.

Trois nouveaux signes sont introduits : ils permettent une grande souplesse d'emploi des symboles classiques.

A - Les symboles déjà connus.

1. Les 2 tirets se faisant suite:

Les enlèvements situés de part et d'autre du double tiret ne sont pas sécants (équivalent à la retouche discontinue).

2. Le tiret simple:

L'enlèvement situé à droite du tiret recoupe l'enlèvement situé à sa gauche (équivalent à la retouche continue).

3. Les deux tirets superposés:

L'enlèvement qui précède les 2 tirets sert de plan de frappe à l'enlèvement qui les suit (équivalent à la retouche surimposée).

B - Les symboles nouveaux.

1. La chiffraison (n).

Placée après le ou les tirets, elle signale que l'enlèvement suivant est sécant avec le $n^{ième}$ dans l'ordre d'apparition sur le galet.

Ex : [C] - [C] - 1[C]

Le 3ème enlèvement est sécant avec le 2ème (tiret simple) mais aussi avec le 1er (chiffre 1).

[C] - [C] = 1 [∅]

Le 2ème enlèvement sert de plan de frappe au 3ème, ce dernier recoupe le premier enlèvement (chiffre 1).

2. Les barres verticales.

Elles permettent de faire porter la signification du ou des tirets sur tous les enlèvements situés entre les barres verticales.

Ex : [C] - | [C] - - [C] |

peut aussi se noter :

[C] - [C] - - 1[C]

[C] = | [∅] - 1∅! |

: deux enlèvements corticaux non sécants recoupent un même enlèvement.

: deux enlèvements acorticaux sécants ont leur point d'impact sur 1 même enlèvement.

3. L'accolade.

L'ordre d'appartition d'un enlèvement sur un galet n'est pas toujours facile à déterminer; lorsqu'il y a doute ou indétermination on utilisera le signe accolade.

$$-\left\{\begin{matrix}(c)\\(c)\end{matrix}\right.$$

III - QUELQUES EXEMPLES SOMMAIRES D'ANALYSE.

L'analyse d'une pièce est conduite suivant un ordre chrono-morphotechnique : chaque enlèvement étant analysé dans l'ordre d'apparition sur le galet et grâce à la hiérarchie morphotechnique : sigle technique, sens ou localisation, forme.

Chaque stade d'élaboration du galet est relié au précédent au moyen de symboles d'articulation.

Pour alléger la notation des exemples donnés figure 6, le négatif de l'enlèvement sera simplement désigné par les crochets du sigle technique, entre lesquels seule l'indication du caractère cortical ou acortical de l'enlèvement sera notée dans la majorité des cas. Le chiffre porté sur chaque négatif donne l'ordre d'apparition de ce dernier.

IV - CONCLUSION

Elaboré à partir d'un nombre relativement restreint de pièces, ce premier stade doit permettre l'étude d'un lot beaucoup plus important et varié d'outils sur galets ; il devra être amélioré et modifié en fonction de l'élargissement aussi bien dans le temps que dans l'espace de son champ d'application.

La mise au point d'une liste de types primaire doit venir compléter les éléments de l'analyse et doit constituer la deuxième étape de cette recherche.

Cet essai semble ainsi montrer que la méthode d'analyse typologique élaborée par G. LAPLACE puisse être étendue à la description des galets aménagés, si l'on respecte la logique interne de ces objets.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) DELFAUD J. et THOMAS G., 1971 - Les grandes lignes de la stratigraphie du Quaternaire oranais. C.R.Ac.Sc., 274, D, p.3341-3344.

(2) DELFAUD J. et THOMAS G., 1973 - Place de quelques industries préhistoriques dans les dépôts quaternaires de l'Oranie. C.R.Ac.Sc., 277, D, p.133-136.

(3) THOMAS G., 1972 - Découverte d'industries du groupe de la "Pebble Culture" sur le versant nord des monts du Tessala (Algérie). C.R.Ac.Sc., 276, D, p.921-924.

(4) CAILLEUX A. et TRICART J., 1959 - Initiation à l'étude des sables et des galets. C.D.U., T.I, p.259.

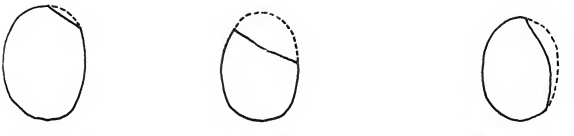
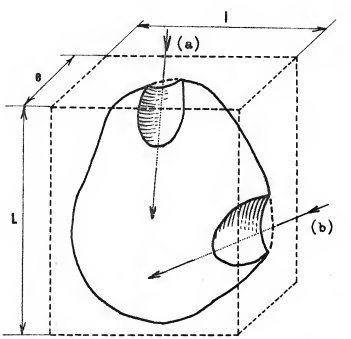


Fig.1 - Importance

Fig. 2 - Association



Galet aménagé et son prisme directeur.

Enlèvement front.princ. (a) ; Enlèvement lat.princ. (b)

Fig.3 - Sens des enlèvements corticaux

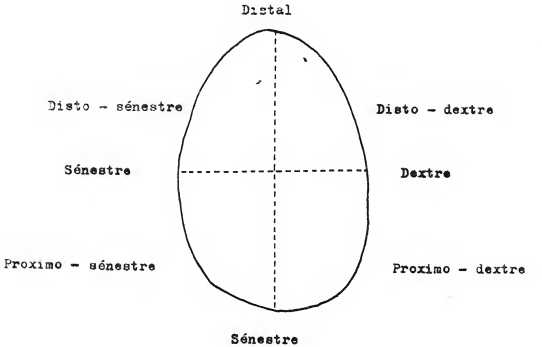


Fig.4-Localisation des enlèvements acorticaux

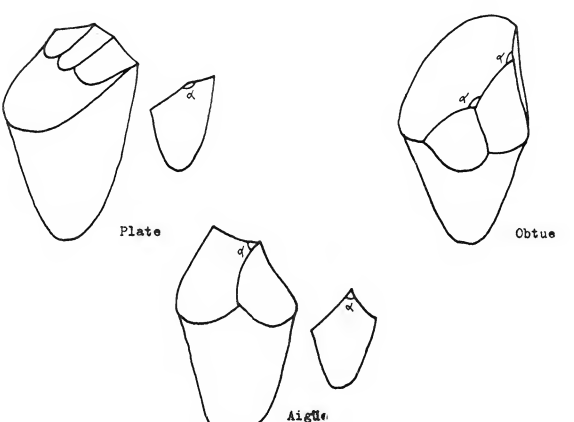


Fig.5-Forme des intersections

$[Cma] -- [C]$

$[C] -- [C] -- [C]$

$[C] = [\not{S}]$

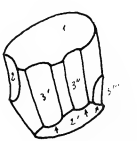
$[Cou] = [\not{S}] -- [C] - [C]$

$[C] = [\not{S}] -- 1[C] - [C]$

$[C] - [C] - [C] -- [C] = 23[\not{S}]$

$[C] = \left| [\not{S}] - [\not{S}] - [\not{S}] \right|$

$[C] = [\not{S}] -- [C] = \left| [\not{S}] -- 1 \left\{ \begin{matrix} [\not{S}] \\ [\not{S}] \end{matrix} \right| \right|$



$[C] - \left| [C] -- [C] \right|$

Fig.6- Exemples d'analyses

BIBLIOGRAPHIE DE TYPOLOGIE ANALYTIQUE

Méthodologie

1954 - LAPLACE G., Application des méthodes statistiques à l'étude du Mésolithique. B.S.P.F., 51, p.127-139, 2 fig.

1956 - idem, Typologie statistique et évolution des complexes à lame et lamelles. B.S.P.F., 53, p.271-290, 6 fig.

1957 - idem, Typologie analytique. Application d'une nouvelle méthode d'étude des formes et des structures aux industries à lames et lamelles. Quaternaria, 4, Roma, p.133-164, 7 fig.

1960 - idem, Liste des types primaires et des groupes typologiques. Bull. Soc. d'Et. et de Rech. Préhist., Les Eyzies, 10, p.152-154.

1964 - idem, Essai de typologie systématique. Annali dell'Università di Ferrara (Nuova Serie). Sezione XV. Paleontologia Umana e Paletnologia, 1, supplemento 2, 86 p., 8 fig.

1964 - idem, Lexique de typologie analytique. Bull. Soc. d'Et. et de Rech. Préhist., Les Eyzies, 14, p.111-128, 8 pl.

1966a - idem, Recherches sur l'origine et l'évolution des complexes leptolithiques. Ecole Française de Rome. Mélanges d'Archéologie et d'Histoire, Suppléments, 4, XII, 586 p., 39 fig., XXIV tabl. et 25 pl hors texte.

1966b - idem, Pourquoi une typologie analytique? L'Anthropologie, 70, p. 193-201.

1968 - idem, Recherches de typologie analytique 1968. Origini, 2, Roma, p.7-64, 26 fig.

1972a - idem, Liste typologique 1972. Cahiers de typologie analytique 1972, Centre de Palethnologie Stratigraphique "Eruri", I.U.R.S. de l'Université de Pau, p.9-27, 16 fig.

1972b - idem, La typologie analytique et structurale : base rationnelle d'étude des complexes lithiques et osseux. Actes du Colloque National du C.N.R.S. (Marseille 12-14 juin 1972), (sous presse).

1973 - idem, De la dynamique de l'analyse structurale ou la typologie analytique. Rivista di Scienze Preistoriche e Protostoriche, 29 (sous presse).

ERRATA CORRIGE

Pag.	6 -	19a	ligne	: complilations = compilations
"	9 -	29a	"	: l'étude = L'étude
"	11 -	38a	"	: giuder = guider
"	12 -	16a	"	: me, de tout expliquer.= me, de tout oublier et de repartir à zéro en confiant à l'informatique la tâche de tout expliquer.
"	15 -	4a	"	: pais = mais
"	24 -	40a	"	: rapport = apport
"	31 -	3a	"	: qu'un = qu'en
"	39 -	14a	"	: Il y a toutefois = Il y a loin toutefois
"	41 -	3a	"	: $\frac{2}{3} R = \frac{2\pi}{3} R$
"	50 -	Fig. 4 (en bas) : Sénestre = Proximal		

APPLICATION DE LA PHYTOCINETIQUE BIOGEOGRAPHIQUE DE PAUL REY
A LA GEOLOGIE DYNAMIQUE DU QUATERNAIRE : LE CYCLOTHEME OMBROTHERMIQUE

La théorie du cyclothème ombrothermique résulte de la mise en rapport de deux directions de recherches :

a - les recherches de phytocinétique biogéographique de Paul REY qui, à partir de la considération des grilles climacique et de dispersion ombrothermique relative et du cheminement ombrothermique holocène établi d'après les analyses polliniques, fondent une interprétation ombrothermique de la nivation et de la glaciation et une définition d'un cycle climatique quaternaire caractérisé par un rythme ternaire ;

b - nos propres recherches sur la dynamique du remplissage des grottes et abris qui, basées sur les observations effectuées tant sur nos chantiers de fouille (Pocymail, Gatzarria, Olha, Bignalats, etc.) que sur les coupes de gisements classiques ou en cours d'étude, conduisent à la notion de cyclothème sédimentaire caractérisé par un rythme ternaire.

Le cyclothème ombrothermique comporte trois phases reliées par trois transitions ou évolutions : une phase hygromérique K ; une évolution cryoxérique K-K ; une phase cryomérique K ; une évolution xérothermique K-XT ; une phase xérothermique XT ; une évolution hygrochliarique XT-H.

Le cyclothème ombrothermique présente six types ou faciès principaux : pluvial, pluvio-nival, pluvio-gladiaire, pluvio-nivo-glaciaire, nivo-gladiaire et euglaciaire.

Les phases et transitions du type pluvio-nivo-glaciaire, correspondant à nos latitudes, du cyclothème ombrothermique se caractérisent comme suit :

a - phase hygromérique H (rhexistasie) : érosion ;

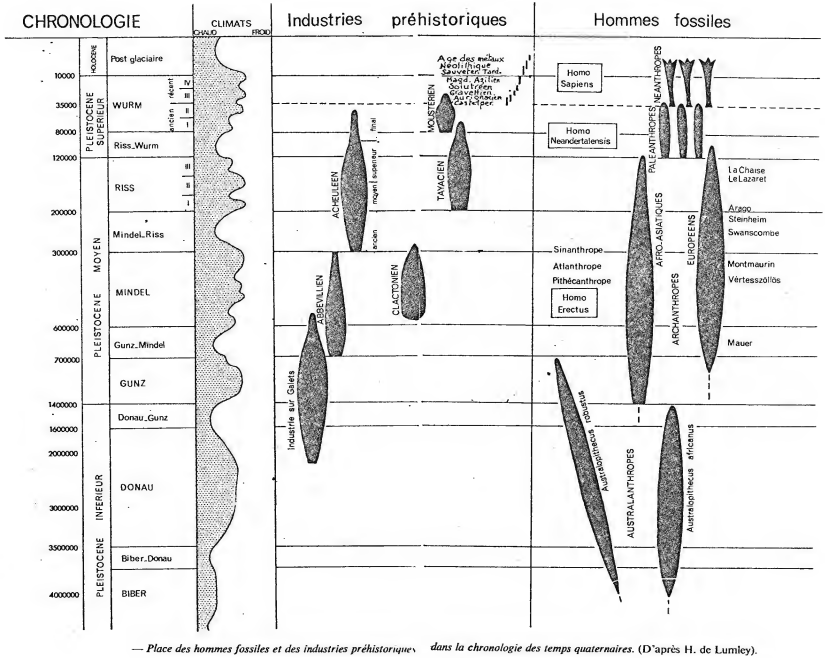
b - évolution cryoxérique H-K (rhexistasie), G étant le point nodal du déclenchement de la cryergie : colluvionnement (H-G) ; cryoclase, cryoturbations, dissolution des calcaires (G-K) ;

c - phase cryomérique K (rhexistasie) : éoliasion ;

d - évolution xérothermique K-XT (biostasie) : altération, encroûtement calcaire superficiel, érosion ;

e - phase xérothermique XT (biostasie) : altération, encroûtement calcaire superficiel, eustatisme ;

f - évolution hygrochliarique XT-H (biostasie) : altération, dissolution des calcaires, brèches et planchers stalagmitiques, tufs et tourbes, colluvionnement, eustatisme.



— *Place des hommes fossiles et des industries préhistoriques dans la chronologie des temps quaternaires.* (D'après H. de Lumley).